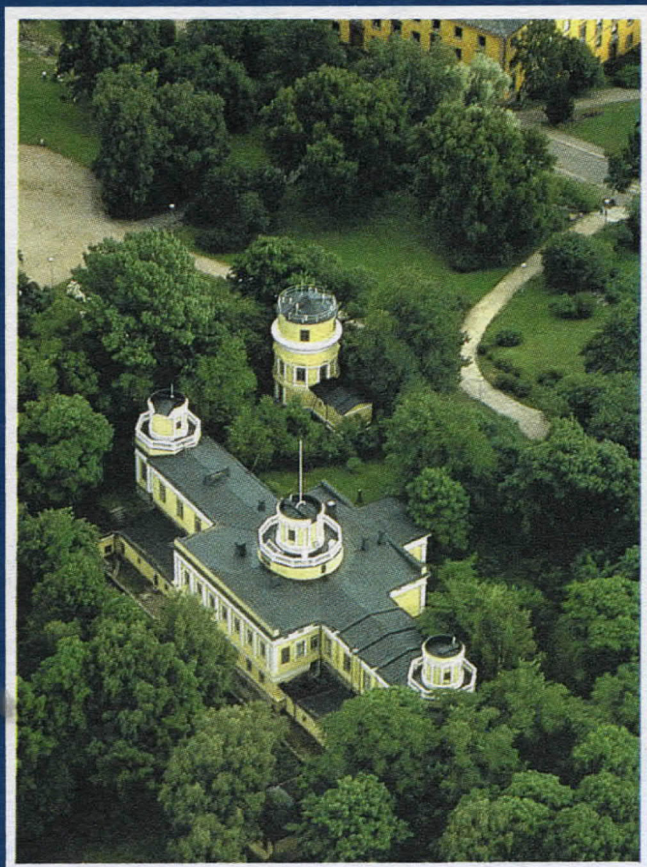


# Tähtitieteen vaiheita Helsingin yliopistossa

-Observatorio 150 vuotta



Tapio Markkanen  
Seppo Linnaluoto  
Markku Poutanen

Helsingin Yliopisto

# Tähtitieteen vaiheita Helsingin yliopistossa

Observatorio 150 vuotta

Kirjoittajat

TAPIO MARKKANEN

SEPPO LINNALUOTO

MARKKU POUTANEN

Avustajat

KARL JOHAN DONNER

HEIKKI OJA

TOIVO JAAKKOLA

VILPPU PIROLA

KARI LUMME

ILKKA TUOMINEN

KALEVI MATTILA

OSMI VILHU

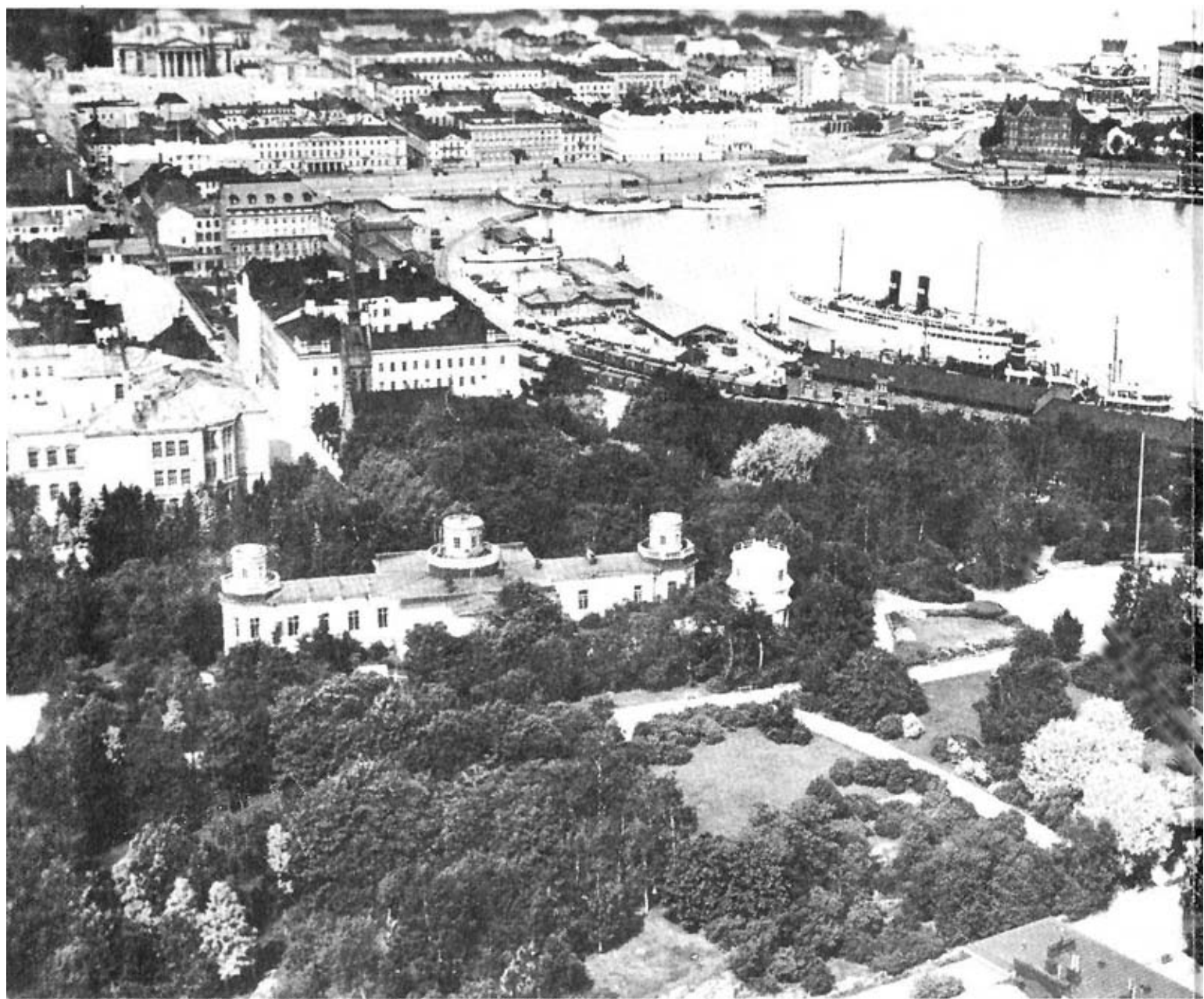




Tämä teos, jonka tekijät ovat Tapio Markkanen, Seppo Linnaluoto ja Markku Poutanen, on lisensoitu CC-BY-lisenssillä (4.0)(Creative Commons Nimeä 4.0 Kansainvälinen)

DOI: 10.31885/9514533720

Helsingin yliopisto, Observatorio 1984  
Elektroninen versio: 2001  
L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X-versio: 2015  
ISBN 951-45-3372-0





Edellisen sivun kuva: Mäen, jolla Observatorio sijaitsee, nimitys oli alunperin Kasaberget eli Roihuvuori. Nimitys johtui siitä, että mäellä poltettiin, vihollisesta varoittavia merkkitulua. Niitä käytettiin viimeistä kertaa Isonvihan aikana. Ehrensvärden 1747 laatiman linnoitussuunnitelman mukaan rakennettiin myös tähän pieni linnoitus. Se sai nimekseen Ulricasborg kuningatar Ulrika Eleonoran (1688-1741) mukaan. Seutu sai sitten nimen Ulricasborgs Trackten. Observatorion valmistuttua 1834 alettiin jo seuraavalla vuosikymmenellä mäestä käyttää nimitystä Observatorieberget, rinnakkaismuoto Observatoriiberget. Kaupungin kartassa vuodelta 1866 seudun nimenä oli Ulrikasbogsbergen - Ullaporinvuoret ja Observatorio suomeksi Tähtitutkimo. 1880-luvulla suomenkielisenä nimityksenä oli Ulrikaporinvuoret. 1909 mäki sai viralliseksi nimekseen Ulriikaporinvuori - Ulrikasborgsbärgen ja sitten 1928 nimen Tähtitorninvuori - Observatorieberget. Viimemainittu on edelleen virallisesti voimassa, mutta käytännössä on suomenkieliseksi nimeksi vakiintunut Tähtitorninmäki (Helsingin kadunnimet. Helsingin Kaupungin julkaisuja N o 24. Helsinki 1976). Alunperin Tähtitorninmäki oli paljas kallio, jolloin Observatorio näkyi laajalti ympäristöön. Tämä oli tärkeä lähtökohta Observatorion suunnitelleelle arkkitehti Engelille. 1868 aloitettiin hätäaputöinä siihen saakka luonnonvaraisen kallion istutustyöt. Lähinnä mäelle kuljetettiin multaa. Ensimmäinen kaupunginpuutarhuri S. Olsson teki ensi töikseen istutussuunnitelman, jonka mukaiset työt aloitettiin 1890. Tähtitorninmäki oli tuon ajan suurin puistotyö. Se valmistui 1903. 1800-luvun lopulla Tähtitorninmäelle suunniteltiin Säätytaloa. Eduskuntauudistuksen jälkeen suunniteltiin mäelle eduskuntataloa. Sitä varten järjestettiin 1907 arkkitehtikilpailu, jonka voitti Eliel Saarinen. Suunnitelma raukesi 1920-luvulla. 1890-luvulla Tähtitorninmäelle esitettiin huvilakaupunginosan perustamista (Helsingin Kaupunginmuseum, ilmakeku 1930-luvulta Veljekset Karhumäki Oy).

# Sisältö

<b>Esipuhe</b>	<b>1</b>
<b>Turun akatemian perustamisesta suureen Pohjan sotaan</b>	<b>3</b>
Eurooppalaisen tähtitieteen traditio ja päämäärä uuden ajan alku- puolella . . . . .	3
Yliopistojen perustaminen Ruotsissa . . . . .	4
Tähtitiede 1600-luvun Uppsalassa ja Turussa . . . . .	5
<b>Luonnontieteiden nousu 1700-luvulla</b>	<b>12</b>
Matematiikan luoma pohja . . . . .	12
Tornionlaakson astemittaus . . . . .	13
Havaintotoiminnan alku Turussa . . . . .	14
Taivaanmekaniikka ja Lexell . . . . .	17
Tähtitieteen asema Ruotsissa 1700-luvun lopussa . . . . .	19
<b>Itsenäiseksi oppiaineeksi</b>	<b>22</b>
Observatoriahankkeiden alku . . . . .	22
Turun akatemian observatorio . . . . .	25
Tähtitieteen vakiintuminen Turussa . . . . .	34
Observatorion monipuolinen varustus . . . . .	36
Uuden observatorion käyttöönotto . . . . .	40
<b>Observatorion perustaminen Helsinkiin</b>	<b>45</b>
Engelin ja Argelanderin yhteistyö . . . . .	45
Helsingin observatorion vaikutus Pulkovan keskusobservatorion ra- kentamiseen . . . . .	54
Turun luettelo . . . . .	55
Aurinkokunnan liikkeen suunta . . . . .	57
Argelander siirtyy Bonniin . . . . .	62
<b>Helsingin observatorio Argelanderin jälkeen</b>	<b>67</b>
Lundahl professoriksi . . . . .	67
Woldstedt ja venäläis-skandinaavinen astemittaus . . . . .	70
Woldstedt professorina . . . . .	72
<b>Krueger ja kansainvälinen luettelotyö</b>	<b>80</b>
Professorinimitys . . . . .	80
Kruegerin opinnot ja toiminta Bonnissa . . . . .	80
Krueger Helsingissä . . . . .	81
Astronomische Gesellschaftin tähtiluettelo . . . . .	83
<b>Hugo Gylden ja taivaanmekaniikan kukoistuskausi</b>	<b>89</b>

<b>Suuri tähtivalokuvausohjelma</b>	<b>95</b>
Viran täyttö Kruegerin jälkeen . . . . .	95
Suuren refraktorin hankkimisyritys . . . . .	96
Tähtivalokuvauksen tulo . . . . .	100
Kaksoisrefraktorin hankkiminen . . . . .	103
Carte du ciel -ohjelma . . . . .	110
Arkista aherrusta . . . . .	117
Muita tähtivalokuvaustöitä . . . . .	117
Helsingin luettelotyö . . . . .	121
Tehtäviä luettelon toimitustyön ohella . . . . .	127
Ominaisliiketutkimuksia . . . . .	127
Helsingin valokuvauksellisen tähtiluettelon merkityksestä . . . . .	132
 <b>Karl F. Sundman ja taivaanmekaniikan tutkimus</b>	 <b>137</b>
Opinnot . . . . .	137
Taivaanmekaniikan kehitys 1900-luvun alkuun saakka . . . . .	137
Sundman ja kolmen kappaleen ongelma . . . . .	139
Virantäyttö Donnerin jälkeen . . . . .	141
 <b>Suomen tähtitieteen myöhempiä vaiheita</b>	 <b>146</b>
 <b>Tähtitieteen tutkimus Helsingin yliopistossa tänään (1984)</b>	 <b>153</b>
Metsähovin observatorio . . . . .	154
Fotometri-polarimetri, tähtien valon tarkka mittauslaite . . . . .	156
Tähtienväliset pölypilvet ja magneettikentät . . . . .	158
Radiosäteilyä tähtienvälisistä pilvistä ja syntyvistä tähdistä . . . . .	158
Spektrometri radioaaltojen analysointiin . . . . .	160
Planeettatutkimus . . . . .	161
Tähtien kehitys, alkuainesynteesi ja magnetismi . . . . .	161
Kaksoistähdet . . . . .	163
Galaksit ja kosmologia . . . . .	164
 <b>Almanakka</b>	 <b>166</b>
 <b>Viittauksia ja huomautuksia</b>	 <b>171</b>
 <b>Kirjallisuus ja lähteet</b>	 <b>184</b>
 <b>Sanasto</b>	 <b>191</b>
 <b>Astronomien vid Helsingfors universitet Observatoriet 150 år</b>	 <b>200</b>



# Esipuhe

Tässä maamme tähtitieteen historian tarkastelussa on huomiota kohdistettu erityisesti niihin vaiheisiin, jotka liittyvät Yliopistomme observatorioiden rakentamiseen ja suurten instrumenttien hankkimiseen. Näin on tehty kahdesta syystä. Helsingin yliopiston observatorio Helsingin Tähtitorninmäellä täyttää 150 vuotta 1984. Merkkivuosi on antanut aiheen tämän katsauksen kirjoittamiseen, ja siksi siinä observatorion perustaminen ja vaikutukset ovat keskeisinä tarkastelunaiheina. Toiseksi observatoriot ovat vuosisatojen ajan olleet tieteen piirissä suurisuuntaisia hankkeita. Niiden rakentamiseen ja varustamiseen monesti suurillakin instrumenteilla on saatettu kerralla käyttää paljon varoja. Observatoriot ovat edelleenkin kalliita, mutta vasta meidän aikanamme muillakin yksittäisillä tieteenaloilla on ryhdytty yhtä paljon ja enemmänkin maksaviin yrityksiin.

Helsingin yliopistossa tähtitiedettä on harrastettu perustamisesta, vuodesta 1640 lähtien. Tieteellinen havaintotoiminta käynnistyi kuitenkin vasta 1700-luvun puolivälissä, ja kohta sen jälkeen alkoivat pyrkimykset kiinteän observatorion aikaansaamiseksi.

Yliopistossa on rakennettu observatorioita ja hankittu suuria kaukoputkia useaan otteeseen. Ensimmäinen observatorio valmistui Turussa 1819, toinen Helsingissä 1834. Vuonna 1890 otettiin käyttöön kaksoisrefraktori Tähtitorninmäellä. Niiden vaikutteiden, tavoitteiden, perustelujen, suunnitelmien, toteutusten ja tulosten tarkasteleminen, jotka näihin hankkeisiin ovat liittyneet, tarjoavat yli sadan vuoden ajalta ainesta ainakin meidän oloissamme suurten tieteellisten hankkeiden kehityksestä.

Esityksessä on luonnollisesti käsitelty myös muita Yliopiston tähtitieteen harjoituksen piirteitä ja tutkimuksen kehitystä, sillä niin observatoriot kuin teleskoopitkin ovat toki vain välineitä. Vaikka Yliopiston observatoriot rakennettiin vasta 1800-luvun alussa, on alan kehitystä tietysti selostettu 1600-luvulta saakka. Tarkastelu päättyy professori K.F. Sundmanin eroon, vuoteen 1941.

Varsinaisen, Yliopiston tähtitieteen historiaa käsittelevän osan jälkeen kuvaillaan lyhyesti Suomen tähtitieteen myöhempiä vaiheita ja alan tämän päivän tutkimusta Helsingin yliopistossa. Nämä osat eivät luonnollisesti mitenkään pyri arvioimaan selostuksensa kohdetta, koska siihen ajallisen etäisyyden puuttuessa ei ole edellytyksiä.

Yliopistossa valmistetut almanakat ovat vuosisatojen ajan palvelleet käytännön elämää maassamme. Siksi suomalaiselle almanakalle ja sen kehitykselle on omistettu oma, joskin lyhyt lukunsa.

Lopussa annetaan jokaisen luvun viittaukset, lähde- ja kirjallisuusluettelo sekä henkilöhakemisto. Kun toisaalta tähtitiede, toisaalta Yliopisto eivät ehkä ole kaikille lukijoille lähemmin tuttuja, on loppuun koottu sanojen selityksiä.

Varsinaisesta historiaosasta Markku Poutanen on kirjoittanut Gyldénistä ja Sundmanista, Seppo Linnaluoto Argelanderin ja Donnerin välisestä ajasta ja Tapio Markkanen muun osan. Kukin on laatinut osuutensa ensimmäiset versiot, jotka yhteistyöllä on sitten muokattu lopulliseen muotoon.

Luvun 'Suomen tähtitieteen myöhempiä vaiheita' ovat kirjoittaneet Seppo Linnaluoto ja Tapio Markkanen. Kalevi Mattila on koonnut luvun 'Tähtitieteen tutkimus Helsingin yliopistossa tänään' Karl Johan Donnerin, Toivo Jaakkolan, Kari Lummen, Markkasen, Mattilan, Vilppu Pirolan, Ilkka Tuomisen ja Osmi Vilhun artikkeleista. Almanakan esittelyn on kirjoittanut Heikki Oja. Ruotsinkielisen tiivistelmän on laatinut Tapio Markkanen ja kääntänyt Karl Johan Donner. Seppo Linnaluoto on vastannut kirjan käytännön toimitustyöstä.

Kirjan valmistelussa ovat monet olleet suureksi avuksi. Käsikirjoituksen osia ovat kirjoittaneet puhtaaksi kanslisti Merja Karsma ja FK Jukka Piironen. FK Eija Laurikainen on hakenut lähteitä arkistoista ja avustanut monessa muussakin tehtävässä. Taiton ja kannen on suunnitellut Timo Pedu. Professori Nils Erik Wickberg on ystävällisesti lainannut eräitä Engelin kirjekopioita. Monet asiantuntevat oppineet ovat vuosien varrella kertoneet tapahtumista ja osoittaneet lähteitä. Kaikille edellä mainituille ja mainitsematta jääneille lausumme lämpimät kiitoksemme.

Kirjoittajat ovat saaneet työtä varten Suomen kulttuurirahaston apurahan. Helsingin yliopisto on tukenut hanketta painattamalla kirjan ja myöntämällä varat väliaikaisen amanuenssin palkkaukseen. Amanuenssin tehtävänä on ollut Observatorion historian näyttelyn järjestäminen ja aineiston kokoaminen myös tätä esitystä varten. Kiitämme parhaiten hankkeelle osoitetusta tuesta. Helsingin yliopiston observatorion täyttäessä 150 vuotta kiitämme kunnioittavasti menneiden sukupolvien tiedemiehiä ja aktiivisuudesta vetäytyneitä tutkijoita sekä toivotamme Observatoriolle ja sen piirissä nyt ja tulevaisuudessa työskenteleville parhainta menestystä tähtitieteen tutkimuksen ja opetuksen tärkeissä tehtävissä.

Helsingissä 2. heinäkuuta 1984

Tapio Markkanen      Seppo Linnaluoto      Markku Poutanen

# Turun akatemian perustamisesta suureen Pohjan sotaan

## Eurooppalaisen tähtitieteen traditio ja päämäärä uuden ajan alkupuolella

Nykyisin tähtitieteeseen luetaan kysymyksiä, joiden uuden ajan alussa katsottiin kuuluvan aivan eri aloihin. Tähtitiede ei tässä mielessä ollut ainutlaatuinen. Monen muunkin tieteen piiri poikkesi paljon nykyisestä. Käytännölliset tähtitieteelliset seikat kuten taivaankappaleiden, erityisesti Auringon ja Kuun nousujen ja laskujen, kohtaamisten ja pimennysten sekä liikkuvien pyhien ja markkinoiden päivämäärien ennalta laskeminen oli erikoistaito, *ars*. Niinpä kalentereita valmistava matemaatikko kuului lähinnä käsityöläismestareiden luokkaan. Koulussakin opetettu, seitsemään vapaaseen taiteeseen sisältynyt astronomia oli hyödyllinen tekniikka, jota esimerkiksi syrjäseudun pappi tarvitsi voidakseen ajoissa ilmoittaa seurakunnalleen paaston alun eli laskiaisen, pääsiäisen ja muiden liikkuvien pyhien ajankohdat.

Maailmankaikkeutta pohdiskeleva kosmologia kuului luonnontieteen eli *scientian* piiriin. Scientiaan kuuluivat muutkin maailmaa kuvailevat filosofian alat, kuten maantieto, fysiikka sekä kasvi- ja eläinoppi.

Keskiajan lopun ja uuden ajan alun eurooppalaisten yliopistojen kristillistä kirkkoa palveleva toiminta omaksui ohjeekseen aristoteelisen, erityisesti tarkoitusta tutkivan tieteenharjoituksen menetelmät. Luonnontieteen tehtävä oli antaa aineksia luomakunnan olemuksen ja päämäärän ymmärtämiselle. Se tarjosi myös materiaalia päteväksi teologiksi valmistautuvan opiskelijan filosofisia harjoituksia varten.

Uuden ajan alun maailmankuvakeskustelun, monessa yhteydessä tieteiden vallankumoukseksi kutsutun kauden alkuna voidaan pitää Nikolaus Kopernikuksen (1473-1543) teoksen ”De revolutionibus orbium coelestium libri sex” ilmestymistä vuonna 1543 ja päätepisteenä Isaac Newtonin (1642-1727) vuonna 1687 julkaisemaa kirjaa ”Philosophiae naturalis principia mathematica”. Tähän jaksoon sisältyvän tähtitieteen kehityksen todelliset edistysas-



keleet otettiin yleensä matemaattisen astronomian hyvin teknillisissä kysymyksissä, ja vasta niiden seuraukset pakottivat tarkistamaan laadullisia kosmologisia käsityksiä. Olisi kuitenkin väärin väittää, että käytännölliset, kalenteriin liittyvät ongelmat, olisivat johtaneet tähtitieteellisen maailmankuvan muutokseen. Mutta almanakkojen laatijoiden piirissä oltiin yleensä valmiimpia omaksumaan planeettaliikkeen uudet teoriat.

## Yliopistojen perustaminen Ruotsissa

Ruotsin ensimmäinen yliopisto perustettiin 1477 Uppsalaan. Sen alkuvaiheet olivat kituliaat, yliopisto oli 1500-luvun alusta puoli vuosisataa oikeastaan suljettuna. Yliopistoelmää vaikeuttivat uskonpuhdistuksen opilliset ristiriidat, kirkon omaisuuden joutuminen valtion haltuun ja poliittinen valtataistelu. Vasta vuodesta 1593 lähtien yliopiston toiminta muuttui säännölliseksi.

Ruotsi nousi 1600-luvun alkupuolella suurvallaksi. Valtakunnan hallinnon ja talouselämän kasvu vaati korkeamman opetuksen lisäämistä ja antoi toisaalta sille edellytykset.

Uppsalan yliopistoa kohennettiin ja lisäksi perustettiin uusia kimnaaseja ja yliopistoja valtakunnan eri puolille. Tarton yliopisto perustettiin 1632 ja Turun 1640. Pommeri liitettiin valtakuntaan vuonna 1647. Siitä lähtien myös Greifswald ja sen yliopisto kuuluivat Ruotsiin. Kun Skoone joutui Ruotsin haltuun 1658, perustettiin Lundin yliopisto 1668 valtakunnan uuden osan ruotsalaistamista silmällä pitäen.

Ruotsin 1600-luvun yliopistojen tehtävänä oli kasvattaa valtion ja kirkon palvelukseen taitavia ja kykeneviä virkamiehiä. Luterilaisen oikeaoppisuuden aikana tämä merkitsi, että yliopistoissa annettu opetus tähtäsi puhdasta uskoa puolustamaan kykenevien pappien kouluttamiseen. Opetettavat aatteet ja oppikirjat määrättiin yliopiston säännöissä ja professoreja nimenomaan kiellettiin opettamasta uusia oppeja.

Ruotsin yliopistojen tieteellinen kirjallisuus syntyi yleensä väitöskirjoina, disputaatioina. Professoreilla oli velvollisuus julkaista säännöllisesti disputaatioita, joita heidän oppilaansa vuorollaan julkisesti puolustivat ja oppoivat. Disputaatiotoiminnan tarkoitus oli kasvattaa tulevien pappien väitelytaitoa. Nykyajan näkökulmasta katsoen varsin merkillisetkin perustelut, välillä jopa sanaleikit, saivat pohdinnoissa tieteellisen perustelun aseman.

Vaikka tietoon suhtauduttiin valikoivasti, tietämättömyyden umpiossa ei kuitenkaan eletty. Tiedot tieteen uusista tuloksista ja ajatuksista saapuivat varsin tuoreina Pohjolaan [1]. Eurooppalaista tähtitieteellistäkin kirjallisuutta tunnettiin, ainakin toisenkäden lähteiden perusteella. Lisäksi akateemiselle uralle antautuva tavallisesti vietti kotoisten opintojen täydentämiseksi useitakin vuosia Keski-Euroopan yliopistoissa. Matkaan lähdettiin kuitenkin yleensä vahvasti valmistautuneena torjumaan kaikki puhtaan uskon puolustajaa vaanivat harhaopit, missä muodossa ne sitten saattoivatkin

uhata.

## Tähtitiede 1600-luvun Uppsalassa ja Turussa

Vuonna 1595 perustettiin Uppsalan yliopistoon tähtitieteen professuuri. Vuoden 1626 uusissa säännöissä määrättiin kolme matemaattisten aineiden (mathesis) professoria, tittleiltään Euklideus, Archimedes ja Ptolemaicus. Kun mathesis-professorien lukumäärä 1648 vähennettiin kahteen, määrättiin toinen opettamaan tähtitiedettä, toinen matematiikkaa. Turun akatemian perustamisesta lähtien matematiikan professorin velvollisuuksiin kuului sekä matematiikan että tähtitieteen opettaminen. Kumpaakin ainetta oli luennoitava tunti päivässä.

Tähtitiede sisälsi pääasiassa laskutekniikkaa. Aikaisemmin seurakuntapappikin oli sitä tarvinnut, mutta kun almanakat jo ilmestyivät säännöllisesti, ei taitoa käytännössä tarvittu.

Almanakat tuotiin Ruotsiin Saksasta, kunnes helsinkiläissyntyinen Sigfrid Aronus Forsius (n. 1550-1624) laati Ruotsin oloihin ensimmäisen almanakan vuonna 1608. Vuoteen 1623 mennessä hän julkaisi 23 almanakkaa [2].

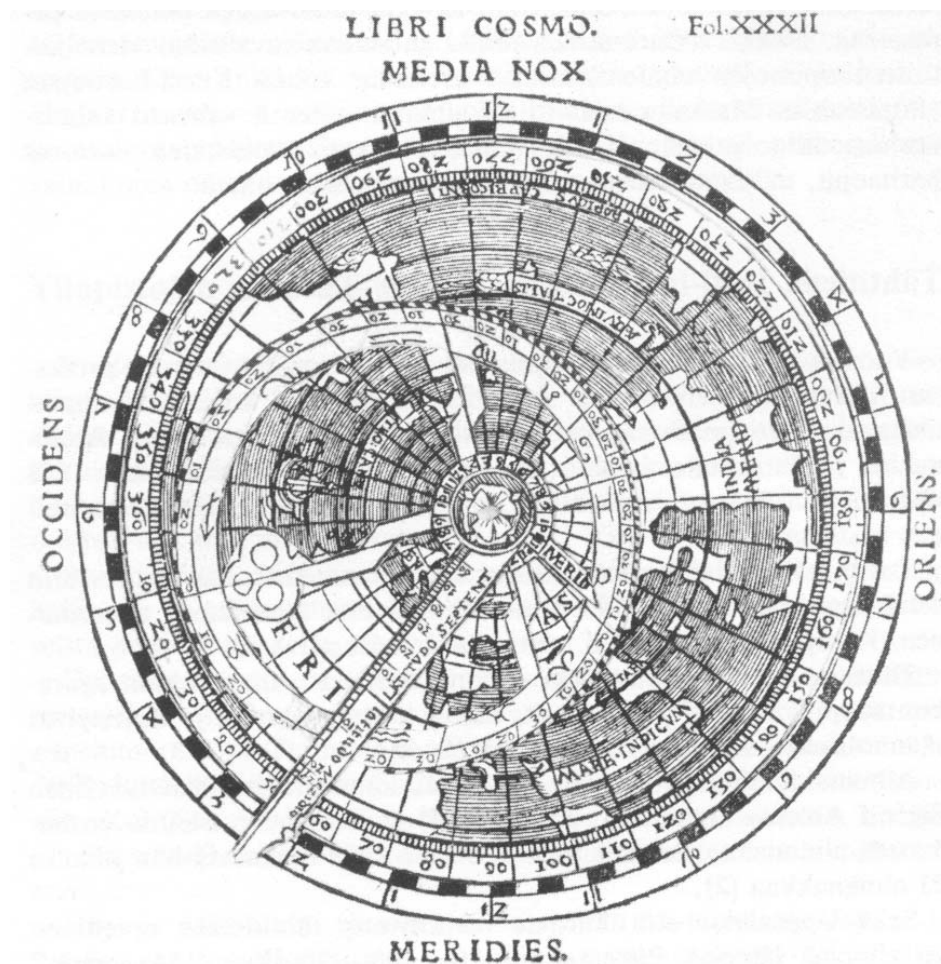
Sekä Uppsalassa että Turussa oli käytetty tähtitieteen opetuksen tärkeimpinä lähteinä Ptolemaioksen (n. 100-170 jKr.) ”Almagestin” ja sitä täydentävien al-Battānin (858-929), al-Faighānin (820-861) ja muiden arabialaisten yksinkertaistettuja laitoksia, kuten alunperin 1200-luvulla ilmestyneen Sacroboscon ”Sphaerae Mundi” -teoksen myöhempiä laitoksia ja kommentaareja. Myös käytettiin Petrus Apianuksen ”Cosmographia”-teosta [3].

Turun akatemian ensimmäinen kansleri Per Brahe (1602-1680) oli tähtitieteestä kiinnostunut. Hän iloitsi erityisesti tähtitieteen ruotsinkielisestä oppikirjahankkeesta, joka oli pitkään vireillä Turun akatemiassa. Akatemian ensimmäinen matematiikan professori Simon Kexlerus (1602-1669) kirjoitti käsikirjoitusta ja Brahe mainitsi siitä tyytyväisyytensä Turun tuomiokapitulille osoittamassaan kirjeessä vuonna 1663 [4]. Kun työ Kexleruksen kuoltua jäi kesken, Brahe kehotti filosofista tiedekuntaa huolehtimaan sen loppuunsaattamisesta [5]. Hän joutui palaamaan asiaan myöhemmin, mutta valmista ei kirjasta tullut. Käsikirjoituksen kohtalo on tuntematon.

Myös logiikan ja metafysiikan sekä sittemmin lisäksi luonnonopin professori Andreas Thuronius (1632-1665) kirjoitti tähtitieteen oppikirjaa vuoden 1660 jälkeen. Sekään ei ilmestynyt. Käsikirjoituksesta on vain osa säilynyt [6].

Turun ja muidenkin Ruotsin akatemioiden professorit eivät juuri käsitelleet matemaattisen tähtitieteen syvällisempiä kysymyksiä, kuten esimerkiksi planeettaliikkeen mallien yksityiskohtia. Almanakkojen laatimisessakaan ei näihin kysymyksiin paneuduttu, eikä se ollut tarpeen, sillä käytettiin saksalaisia efemeridejä.

Suomessa 1600-luvulla toimineista oppineista vain Kexlerus käsitteli hii-



Kuva 1: Keskiajan lopussa ja uudenajan alussa ilmestyi runsaasti antiikin tähtitieteellisten teosten, ennen kaikkea Ptolemaioksen Almagestin kommentaareja ja yksinkertaistettu ja laitoksia. Varsinaiseen Almagestiin olivat hyvin harvat yksityiskohtaisesti tutustuneet. Petrus Apianuksen "Cosmographia" ilmestyi Antwerpenissa 1574. Se opasti paperista ja langasta valmistetun astrolabimallin avulla käytännöllisiin tehtäviin, kuten leveysasteen määräykseen. Teosta käytettiin Turun akatemiassa oppikirjana lähes koko 1600-luvun ajan. (Helsingin yliopiston kirjasto)





Kuva 2: Sigfrid Aronus Forsius (n. 1550-1624) on ensimmäinen tunnettu suomalainen tähtitieteilijä. Hän laati Ruotsin ensimmäiset almanakat, toimi vuoden tähtitieteen professorina Uppsalassa, joutuipa vankilaankin hallituksenvastaisesta vehkeilystä. Vuosikymmenien aikana hän valmisti horoskooppeja ja jatkoi toimia vielä Tammisaaren kirkkoherranakin. (Museovirasto)

kan perusteellisemmin taivaankappaleiden liikkeiden matemaattisia yksityiskohtia. Opiskellessaan Uppsalassa hän nimittäin julkaisi 1632 väitöskirjan ”De sole” [7]. Tutkielmassaan hän tarkastelee kevättasauspisteen liikettä antiikin kirjoittajien ja Kopernikuksen antamien havaintoarvojen perusteella. Mainitut arvot hän on kuitenkin varmasti ottanut sekundäärilähteistä. Laajemmin Kexlerus ei käsittele planeettaliikkeen teknillisiä yksityiskohtia [8]. Kexlerus kertoo Maan liikkumista ja Auringon liikkumattomuutta koskevista oletuksista. Ajan tavan mukaan hän pitää näitä oletuksia geometrian kannalta käytännöllisinä, mutta fysikaalisen luonnon vastaisina.

Kosmologian harrastus oli huomattavasti vilkkaampaa. Kun opetuksen tavoitteisiin kuului dialektiikan taitojen kehittäminen, otettiin mielellään käsiteltäväksi aiheita, joista oli vastakkaisiin suuntiin käyviä näkemyksiä olemassa. Niinpä eri alojen professorien johdolla laadittiin Turussa monia kosmologisikiäkin väitöskirjoja.

Kilpailevia maailmanmalleja oli monta. Olettamalla planeettojen kiertoliikkeen keskus ja Maan pyöriminen eri tavoin saatiin erilaisia järjestelmiä.

Ruotsin yliopistolliselle kosmologiselle 1600-luvun kirjallisuudelle on luonteenomaista, että maailmankuvakeskustelua käydään väittelyharjoituksen omaisesti. Kysymystä ei juuri oteta vakavasti sen itsensä vuoksi, eikä asiassa päästä pinnallisia alkeita pitemmälle. Yhdessäkään työssä ei tulla aikakauden pisimmälle edistyneiden tutkimusten tuntumaan. Näin oli toki laita myös useimmissa muissa Euroopan yliopistoissa.

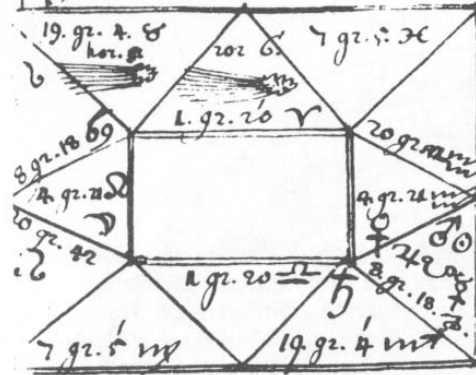
Sekä Uppsalassa että Turussa aurinkokeskisyyden vastustuksessa aleetaan 1600-luvun jälkipuoliskolla yhä lisääntyvässä määrin vedota Raamattuun. Kehitys liittyy kasvaneeseen oikeaoppisuuden vaatimukseen teologian ja kirkon piirissä. Aurinkokeskisyys alkoi Ruotsissa saada jalansijaa kartesiolaisessa muodossa. Ranskalainen Rene Descartes eli Cartesius (1596-1650) piti maailmankaikkeutta aurinkokeskisenä. Hän selitti, että avaruus on eetterin täyttämä ja että Aurinko pyöriessään synnyttää ympäröivään eetteriin pyörteet, jotka kuljettavat planeettoja.

Protestanttisessa Ruotsissa kartesiolaisuuden vastustus kohdistui ennen kaikkea Descartesin filosofian teologisiin käsityksiin. Hänen tähtitieteellistä maailmankuvaansa vastustettiin, mutta kovin vakaviin yhteenottoihin ei täällä jouduttu. Keskustelu vaimeni 1600-luvun lopulle ehdittäessä ja aurinkokeskisyys alkoi päästä voitolle.

Kuten edellä on todettu, kosmologisista aiheista Turussakin kirjoitettiin varsin paljon, mutta tulokset ovat ajan edistyneimpiin tieteellisiin saavutuksiin verrattuna vaatimattomia. Syitä on monia. Tähtitiede tarjosi sopivia dialektisen harjoituksen aiheita, mutta sen kysymyksiä ei liene pidetty tärkeinä. Niihin ei perehdytty niin syvällisesti, että jotain uutta olisi voitu rakentaa.

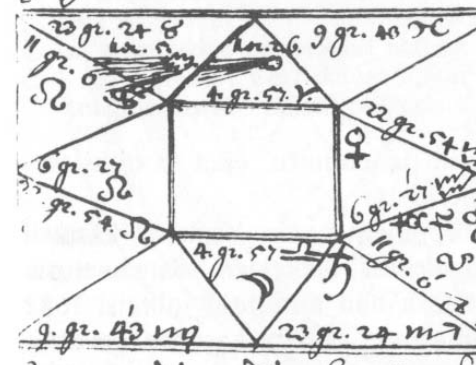
Kun luonnollinen akateeminen ura eteni alimman filosofisen tiedekunnan professuurista paremmin palkattuun ja arvostettuun teologisen tiedekunnan virkaan, on ymmärrettävää, ettei juuri kukaan kohdistanut tarmoaan ja ky-

Fig. I. adh. r. 25 Decemb.



Statū et Loca Planetarū  
 ♄ Sept. dist. 2. gr. 12. ♀ orient.  
 ♃ Mer. dist. 26 gr. 13. ♀ occid.  
 ♄ Mer. dist. 8 gr. 19. m occid.  
 ☉ 14 gr. 59. ♀  
 ♀ Mer. dist. 12 gr. 39. m occid.  
 ♀ M. dist. 21 gr. 8. ♀ occid.  
 ♄ in lat. sept. 16. 24 gr. 19. ♀.

Fig. II. adh. r. d. 28. Decemb.

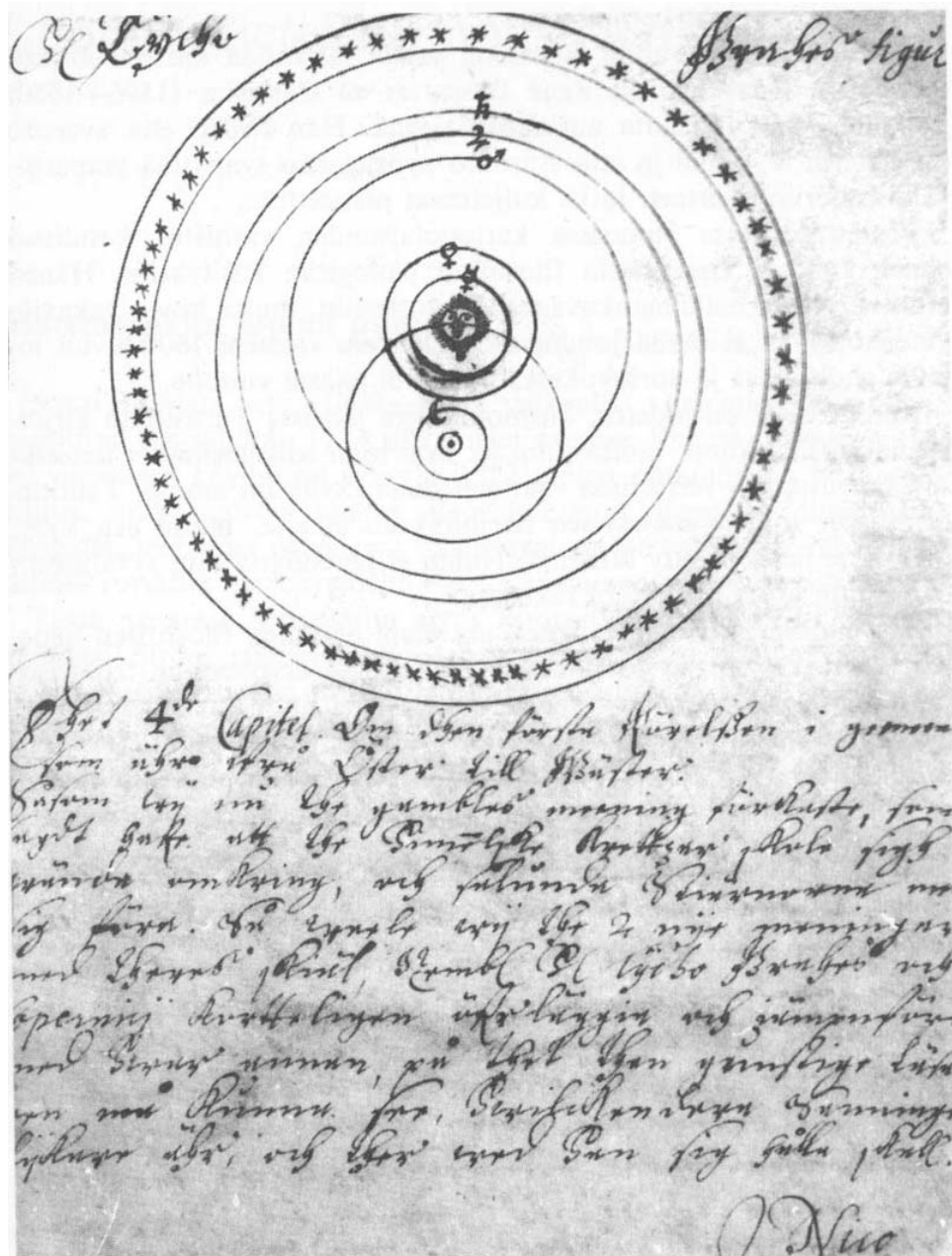


Statū et Loca Planetarū  
 ♄ S. D. 2. gr. 32. ♀ orient.  
 ♃ M. D. 26 gr. 56. ♀ occid.  
 ♄ M. D. 2. gr. 40. m occid.  
 ☉ 18 gr. 3. ♀  
 ♀ M. D. 17 gr. 22. m occid.  
 ♀ M. D. 26 gr. 16. ♀ occid.  
 ♄ S. A. 8 gr. 20. ♂  
 ♄ 3 gr. 45. ♀.

Ad v. primū tenendū, Cometam hūc non esse eū, qui in eāte dec.

Kuva 3: Meikäläisessä maailmankuvakeskustelussa aurinkokeskinen maailmankuva torjuttiin 1600-luvun alkupuolella luonnonvastaisena. Uusille virtauksille saatettiin antaa periksi myöntämällä Tyko Brahen (1546-1601) malli oikeaksi. Siinä Kuu ja Aurinko kiertävät Maata ja muut planeetat Aurinkoa. Maan vuorokautista pyörimisliikettäkin saatettiin pitää mahdollisena, kuten Thuronius teki oppikirjansa käsikirjoituksessa.





Kuva 4: Andreas Thuronius valmisteli Ruotsin yliopistoja varten tähtitieteen oppikirjaa Per Brahen kannustamana. Thuroniuksen ennenaikaisen kuoleman takia teos ei valmistunut. Sen käsikirjoituksen osa on säilynyt. Kuvassa Thuroniuksen kirjan käsikirjoituksen kuva, joka esittää Tyko Brahen (1546-1601) maailmanmallia. Siinä Kuu ja Aurinko kiersivät Maata, planeetat Aurinkoa. Tykon malli oli hyvin suosittu. Runsaan vuosisadan ajan sitä pidettiin oikeana maailmanselityksenä. Siinä yhdistyi turvallinen maakeskisyys ja planeettojen Auringon ympäri tapahtuvien kiertoliikkeiden yleisluontoinen yksinkertaisuus. (Uppsalan yliopiston kirjasto)

kyjään esimerkiksi ajanmukaisen tähtitieteen paljon vaativaan perusteelliseen opiskeluun. Tieteenharjoituksen ihanne ei ollut uuden tiedon löytäminen ja tuottaminen. Niinpä luonnontieteilijän uralle ei 1600-luvun Ruotsissa oikeastaan ollut edellytyksiä.

# Luonnontieteiden nousu 1700-luvulla

## Matematiikan luoma pohja

Suuri Pohjan sota (1700-1721) vaikeutti Akatemian toimintaa, pakottipa sen vihdoinkin 1713 sulkemaan ovensa. Kun akateeminen elämä uudelleen käynnistyi syksyllä 1722 olojen rauhoituttua ja tasaannuttua, myös uudet virtaukset alkoivat tuntua yliopiston toiminnassa. Tieteiden teologiaa palvelevat päämäärät saivat vähitellen väistyä, ja tieteitä ruvettiin harjoittamaan entistä enemmän niiden itsensä takia.

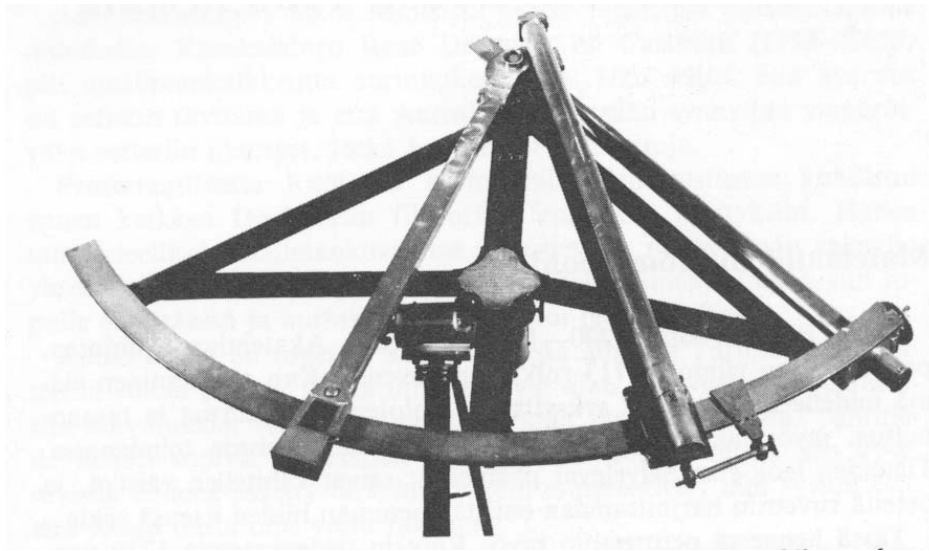
Tässä hengessä perustettiin myös Ruotsin tiedeakatemia 1739 vanhempien eurooppalaisten esikuvien mukaan. Siihen kuului yliopistojen oppineiden lisäksi myös tieteestä kiinnostuneita soveltajia, kuten lääkäreitä, linnoitusupseereita ja muita virkamiehiä.

Alkavan hyödyn aikakauden hengessä pantiin lisääntyvästi painoa myös tieteiden sovellutuksille. Tutkimusta suunnattiin käytäntöä ja taloudellista hyötyä korostaen. Ortodoksisuudesta vapautuva teologiakaan ei enää pyrkinyt kahlitsemaan luonnontieteiden harjoitusta.

Nils Hasselbom (1690-1764) toimi matematiikan professorina 1724-1758. Hän esitteli fysiikan opetuksessaan vielä Descartesin, mutta myös Newtonin oppeja. Hänen seuraajansa Martin Johan Wallenius (1731-1773, professorina 1758-1773) toi Turun akatemiaan differentiaali- ja integraalilaskennan tutkimuksen sekä opetti Newtonin mekaniikkaa. Walleniuksen aikana yliopiston matematiikan opetus ja tutkimus nousi tieteen eturivin tuntumaan.

Fysiikassa kehitys ei tapahtunut samassa tahdissa. Vuosisadan ensi puoliskolla newtonilaisuus kyllä selvästi syrjäytti kartesiolaisuuden, mutta Turun väitöskirjat säilyttivät vielä periaatteita kuvailevan luonteensa, eikä itsenäisiä tutkimuksia juuri syntynyt.

Tähtitieteen vakavan harjoittamisen edellytykset ja pohja luotiin siis Turun akatemiassa matematiikan tieteellisen ja opetuksellisen tason kohoamisen myötä. Seuraukset näkyivät ennen pitkää.



Kuva 5: Kahden jalan kvadrantti jota de Maupertuis'n (1698-1759) retkikunta käytti mitatessaan meridiaanikaaren pituutta Tornionlaaksossa vuosina 1736-1737. Kojee on nykyisin Potsdamin-Babelsbergin observatoriossa. de Maupertuis toimi viimeisinä vuosinaan Berliinin tiedeakatemian esimiehenä. (DDR Akademie der Wissenschaften)

## Tornionlaakson astemittaus

Juhannuksesta 1736 kesäkuun alkuun 1737 Ranskan tiedeakatemian retkikunta mittasi Tornionjokilaaksossa vajaan asteen mittaisen meridiaanikaaren pituuden. Mittauksen päätepisteenä olivat Tornion kirkko ja Pellon Kittisvaara. Retkikuntaa johti Pierre-Louis Moreau de Maupertuis (1698-1759). Muista jäsenistä mainittakoon Alexis Claude Clairaut (1713-1765), joka tunnetaan Kuun radan tutkimuksestaan ja siinä yhteydessä kehittämästään häiriöteoriasta. Mukana oli myös Uppsalan yliopiston tähtitieteen professori Anders Celsius (1701-1744), jonka suosituksesta mittausalueeksi valittiin juuri Tornionjokilaakso.

Retkikunnan tarkoitus oli ratkaista havaintojen avulla Newtonin mekaniikan ja Descartesin pyörreteorian välinen paremmuus. Newtonin mukaan maapallo olisi navoiltaan litistynyt, kun taas Cartesiuksen mukaan se olisi navoiltaan pullistunut. Kysymys voitiin selvittää mittaamalla esimerkiksi yhden asteen mittaisen meridiaanikaaren pituus sekä päiväntasaajan että navan läheisyydessä. Jos Maa on navoiltaan litistynyt, saman asteluvun meridiaanikaari pitenee napoja kohti. Ranskan tiedeakatemia lähetti tehtävää varten kaksi retkikuntaa, toisen La Condaminen (1701-1774) ja Bouguerin (1698-1758) johdolla Peruun ja toisen Lappiin.

Kun retkikuntien tuloksia verrattiin, todettiin Maa navoiltaan litisty-

neeksi. Erilaisten samaan suuntaan vaikuttaneiden virheiden takia litistymiselle saatiin kuitenkin liian suuri arvo [1].

## Havaintotoiminnan alku Turussa

Pikkuvihan jälkeen 1743 Ruotsin hallitus alkoi kiinnittää erikoista huomiota Suomen olojen kehittämiseen, mihin valtakunnan itäisen osan vaikuttajat myös pyrkivät. Tämän toiminnan seurauksena ryhdyttiin Suomen kartoitukseen vuoden 1747 valtiopäivien päätöksen mukaan. Suomeen perustettiin maanmittauskomissio ja sen yhteyteen tähtitieteellisen observaattorin toimi. Observaattorin tehtävä oli suorittaa tarpeellisia tähtitieteellisiä ja kolmiomittaushavaintoja sekä maanmittarin töiden yhteensitomiseksi että maan maantieteellisen sijainnin määrittämiseksi yleensä. Virkaan nimitettiin 1748 Akatemian matematiikan dosentti Jacob Gadolin (1719-1802).

Gadolin suoritti kolmiomittauksen Turusta Grisslehamnin lähistölle Ruotsin rannikolle ja toisen ketjun mittauksen Ahvenanmaalla. Mittauksia hän ei redusoinut itse, vaan ne julkaistiin vasta 1895 [2]. Töitään varten Gadolin sai käyttöönsä Ruotsin maanmittauskonttorin välineitä, joista tärkein oli todennäköisesti de Maupertuisin retkikunnan Ruotsiin jättämä 3,25 jalan kvadrantti.

Gadolin nimitettiin Akatemian fysiikan professoriksi 1753. Observaattorina häntä seurasi Johan Justander (1713-1774), joka ulotti kolmiomittausketjun Turusta Helsingin tienoille.

Gadolin siirtyi 1762 teologian professoriksi ja 1788 Turun piispaksi. Fysiikan professorina häntä seurasi Anders Planman (1724-1803), joka toimikin virassa vuoteen 1801.

Tähtitieteen uusien virtausten Ruotsiin tuloon vaikutti voimakkaasti Anders Celsius. Hänen isänsä ja molemmat isoisänsä olivat olleet Uppsalan tähtitieteen professoreita, johon virkaan Anders Celsius nimitettiin 1730. Vuodesta 1732 lähtien Celsius vietti viisi vuotta ulkomailla, mm. Saksassa, Italiassa, Ranskassa ja Englannissa. Pariisissa hän tutustui tiedeakatemian tutkijoihin ja sai de Maupertuisin suuntaamaan astemittausmatkansa Törnionjokilaaksoon Islannin tai Pohjois-Norjan sijasta. Ranskasta ja Englannista Celsius toi ja tilasi ajanmukaisia havaintokojeita Uppsalaan, jonka välineistö oli niukka ja rappeutunut. Hän sai kokemusta myös osallistumalla 1736-1737 de Maupertuisin retkikuntaan. Celsius perusti Uppsalan yliopiston ensimmäisen varsinaisen observatorion, joka valmistui 1742.

Havaintotoimintaan keskittyvän tähtitieteen arvostusta kuvaa hyvin, että Tiedeakatemialle valmistui vuonna 1753 Tukholmaan observatorio. Sen suunnittelivat tiedeakatemian sihteeri Per Elvius (1710-1749), A. Celsiusen oppilas, tiedeakatemian seuraava sihteeri Pehr Wilhelm Wargentin (1717-1783) ja arkkitehti, yli-intendentti Carl Hårleman (1700-1753).

Merenkulun suurin ongelma oli yhä pituusasteen määräys. Kun paikalli-



Kuva 6: De Maupertuis'n meridiaanikaaren mittaus ulottui vaaralta vaaralle Tornion kaupungin kirkon-tornista Pellon Kittisvaaran huipulle. Matkaa on vajaa aste. Perusviiva mitattiin puutangoilla Tornionjoen jälle. Perusviivan pohjoinen päätepiste oli Aavasaksan juurella Rahtulan Maijailanvaarassa, Övertorneån pappilaa vastapäätä. Eteläinen päätepiste sijaitsi joen länsirannalla Niemiskylän rannassa. (Apotti Outhierin vuonna 1736 piirtämä kartta.)



saika voidaan aluksella määrätä havainnoista, täytyy jonkin vertailumeridiinin aika myös tuntea, jotta pituusaste-ero saadaan selville. Erilaisia laajoilta maapallon alueilta näkyviä, ennalta laskettavia tähtitieteellisiä ilmiöitä pyrittiin käyttämään tässä hyväksi. Sellaisina käytettiin mm. Jupiterin kuiden pimennyksiä ja kiintotähtien peittymisiä Kuun taakse.

Jotta jälkimmäisen keinon tapahtumat voitaisiin täsmällisesti ennalta laskea, täytyi Kuun rata tuntea tarkasti. Aiemmin mainittu Clairaut työskenteli radan laskuongelmien parissa.

Ranskan tiedeakatemia päätti vuonna 1750 lähettää de la Caillen (1713-1762) Hyväntoivonniemelle havaitsemaan Kuuta, Marsia ja Venusta samanaikaisesti Euroopasta tehtävien havaintojen kanssa Kuun radan ja Auringon parallaksin määrittämiseksi. Wargentin liittyi hankkeeseen ja järjesti Ruotsissa tehtävät havainnot. Havaintoja tekivät Wargentin Tukholmassa, Gadolin Turussa, talousjohtaja, tuomari Anders Hellant (1717-1789) yksityisobservatoriossaan Torniossa ja Lundin observaattori Nils Schenmark (1720-1788) Härnösandissa. Havaintotöitä varten saatiin hallitukselta varoja instrumenttien täydentämistä ja parantamista varten sekä matkakustannuksiin ja palkkioihin. Kun havainnot koottiin, todettiin ettei Auringon etäisyyttä ollut saatu kyllin tarkasti määrittäytyä.

Johannes Keplerin (1571-1630) vuonna 1619 julkaisema 3. laki sitoo toisiinsa planeettojen kiertoajat ja rataellipsien isoakselien puolikkaat. Kun kiertoajat on varsin helppo määrätä, on mitattava yksi planeettojen välinen etäisyys, jotta kaikki etäisyydet aurinkokunnassa tunnettaisiin.

Vuonna 1672 sattuneen Marsin opposition aikana ranskalaiset yrittivät mitata Maan ja Marsin etäisyyden käyttämällä mittauksen kantana Pariisin ja Etelä-Amerikan Cayennen välimatkaa. Tulos oli suuruusluokaltaan oikea.

Periaatteessa tarkemman keinon tarjoaa Maan radan sisäpuolella kulkevan planeetan ns. ohikulun havaitseminen. Kun sisäplaneetta kulkee Auringon editse ja havaitaan maapallon sijainniltaan tunnetuista eri paikoista kontaktihetket, jolloin planeetta näyttää koskettavan Auringon reunaa sisältä ulkopuolisesti, syntyy avaruuteen kolmioita, joista Maan ja sisäplaneetan sekä siten Maan ja Auringon välinen etäisyys saadaan määrittäytyä.

Venuksen ohikulut olivat sattuneet edellisen kerran 1631 ja 1639. Vuosien 1761 ja 1769 ohikulut tarjosivat nyt tilaisuuden tähtitieteellisen perusmitan määrittämiseen ja niihin kohdistettiin suuria odotuksia.

Wargentin järjesti jälleen havainnot Ruotsissa. Gadolin oli tiedeakatemian presidentti vuonna 1761 ja myötävaikuttanut järjestelyihin. Vuonna 1761 tehtiin havaintoja Ruotsissa yhdeksällä, 1769 kuudella paikkakunnalla.

Justander havaitsi molempia ilmiöitä Turussa. Vuonna 1769 oli mukana myös Gadolin. Ruotsin tiedeakatemian toimeksiannosta Planman matkusti kummankin vuoden havaintoja varten Kajaaniin. Pituusasteen hän määrittäsi auringonpimennyksen ja Jupiterin kuiden avulla.

Turussa oli käytettävissä 20 jalan teleskooppi. Kajaanissa Planman käytti kummallakin kerralla 21 jalan pituista kaukoputkea. Lisäksi hänellä oli

heilurikello, kaksi kulmanmittauskonetta ja kaksi pienempää kaukoputkea, joista toisessa oli akromaattiojektiiv.

Planmanin onnistui havaita kaikki neljä kontaktia vuonna 1761. Vuonna 1769 sää salli vain kahden kontaktin havaitsemisen. Lisäksi kytösavut häiritsivät havaintoja.

Planman kokosi Ruotsin havainnot. Hän määräsi vuoden 1761 havainnoista Auringon parallaksin ja julkaisi tiedeakatemia sarjassa alustavat arvot 8,2 ja 8,25 kaarisekuntia [3], [4]. Vuoden 1769 ohikulun havainnoista Planman julkaisi tutkimukset vuosina 1771 ja 1772. Hän sai nyt arvon 8,2 kaarisekuntia [5], [6]. Toivottua tarkkuutta Venuksen ohikulut eivät kuitenkaan antaneet, sillä Venuksen ilmakehä taittaa Auringon valoa niin, että kontaktin hetkiä ei voi kyllin täsmällisesti havaita.

## Taivaanmekaniikka ja Lexell

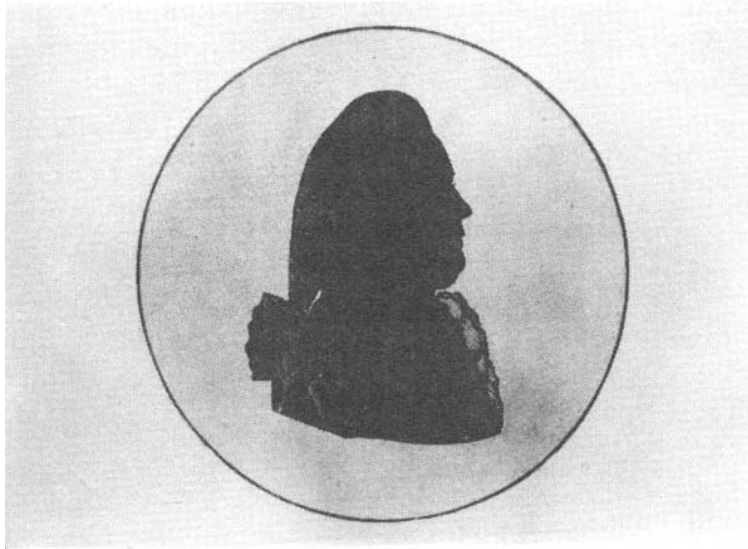
Turun akatemiassa julkaistiin 1700-luvun jälkipuoliskolla tähtitieteellisiä väitöskirjoja eli disputaatioita sekä matematiikan että fysiikan professorien johdolla. Niiden lukumäärä oli jokseenkin sama kuin puhtaasti matemaattisten tai fysikaalisten väitöskirjojen määrä. Alojen välistä eroa on tosin vaikea tehdä. Tähtitieteen väitöskirjat keskittyivät havaitsevan ja käytännöllisen tähtitieteen kysymyksiin. Disputaatiot käsitelivät mm. paikan- ja ajanmääräystä, instrumentteja, havaintojen redusointia, pallotähtitiedettä, planeettojen ratoja ja planeettojen massoja.

Vaikka 1700-luvun puolivälin tienoilla Clairautin, J. d' Alembertin (1717-1783), L. Eulerin (1707-1783) ja nimenomaan J. L. de Lagrangen (1736-1813) ja P. S. de Laplacen (1749-1827) ansiosta taivaanmekaniikka häiriöteorioineen oli kehittynyt pitkälle, Turun akatemiassa ei näitä asioita käsitelty.

Akatemiassa kasvoi kuitenkin tutkija, joka kohosi juuri tällä alalla tieteen eturintamaan. Anders Johan Lexell syntyi Turussa 1740. Hän osoitti opiskellessaan poikkeuksellista lahjakkuutta. Vuonna 1763 Lexell nimitettiin Akatemian matematiikan dosentiksi. Valtakunnan tieteelliset olot eivät kuitenkaan ilmeisesti tarjonneet kyvykkäälle nuorelle kylliksi kosketusta tutkimuksen eturintamaan. Vuonna 1766 Leonhard Euler tuli toistamiseen Pietarin keisarilliseen tiedeakatemiaan. Lexell lähetti hänelle vuonna 1768 uutta integrointimenetelmää koskevan työnsä julkaistavaksi ja haki samalla virkaa Pietarin akatemiasta. Hänet nimitettiin Pietarin akatemian apulaiseksi 1768 [7].

Vuonna 1771 Lexellistä tuli Pietarin tiedeakatemia varsinainen tähtitieteilijäjäsen ja Eulerin kuoleman jälkeen vuonna 1783 hänet kutsuttiin tämän seuraajaksi.

Kun Turun matematiikan professori Wallenius kuoli, Lexell haki ja nimitettiin 1775 hänen seuraajakseen. Lexell anoi ja sai kolmasti virkavapautta saattaakseen työnsä Pietarissa päätökseen. Viimein hän 1780 pyysi eron



Kuva 7: Anders Johan Lexellin (1740-1780) silhuetti. (Helsingin yliopiston kirjasto)

Turun virasta, jota hän ei ollut lainkaan hoitanut.

Lexell oli merkittävä matemaatikko joka käsitteli differentiaali- ja integraalilaskennan geometrisia sovellutuksia, differentiaaliyhtälöiden teoriaa ja geometriaa. Tähtitieteessä hän työskenteli sekä havaitsevan tähtitieteen että taivaanmekaniikan parissa. Hänen matemaattiset ja taivaanmekaaniset tutkimuksensa tekivät hänestä erään 1700-luvun merkittävimmistä suomalaisista tiedemiehistä.

Vuonna 1777 Lexell julkaisi sittemmin hänen nimeään kantavan komeetan rataa koskevan tutkimuksen [8]. Vuonna 1770 oli löydetty pyrstötähti, joka tunnetuista komeetoista on käynyt lähimpänä Maata. Sen kiertoaika oli 5,5 vuotta. Lexell osoitti että komeetta oli käynyt vuonna 1767 Jupiterin lähellä ja että planeetta oli vetovoimallaan siirtänyt pyrstötähden suppealle radalle. Samassa työssä Lexell osoitti että vuonna 1779 komeetta joutuisi jälleen Jupiterin lähelle ja silloin planeetta vetovoimallaan sinkoaisi sen pois aurinkokunnasta. Näin todella tapahtui. Se herätti suurta huomiota, lisäsi uskoa Newtonin mekaniikkaan ja edisti valistusajalle luonteenomaisen mekanistisen maailmankatsomuksen leviämistä.

Vuonna 1781 saksalais-englantilainen William Herschel (1738-1822) löysi Uranus-planeetan. Lexell tutki Uranuksesta maaliskuusta 1781 seuraavan vuoden helmikuuhun tehtyjä havaintoja ja sovitti niihin erilaisia ratoja. Hän totesi että paraabelirata ei sovi havaintoihin, vaan että rata on lähes ympyrä. Hän kirjoitti Pietarista huhtikuussa 1782 asiasta Daniel Bernoullille (1700-1782), joka julkaisi kirjeen [9]. Lexell kertoo näyttävän ilmeiseltä että uusi taivaankappale, ”Herra Herschelin uusi tähti” on planeetta eikä komeetta.

Laplace tuli samoihin aikoihin riippumattomasti samaan tulokseen.

Vuonna 1772 Lexell julkaisi Pietarissa vuoden 1769 Venuksen ohikulusta tekemiinsä havaintoihin perustuvan Auringon parallaksia koskevan tutkimuksen [10]. Hänen tuloksensa, 8,68 kaarisekuntia vastasi tarkkuudeltaan tuona aikana samalla menetelmällä muista havainnoista saatuja arvoja.

Lexell kuoli vuonna 1784.

## Tähtitieteen asema Ruotsissa 1700-luvun lopussa

Ruotsin tiedeakatemian observatorion aikaansaamisessa ja toiminnan käynnistämisessä P. W. Wargentinilla oli ollut aivan ratkaiseva merkitys. Hän oli hankkinut laitokseen kohtuullisen instrumenttivarustuksenkin.

Wargentinin oma tieteellinen päätyö muodostui Jupiterin neljän kuun liikkeen tutkimisesta. Hän johti tilastollisesti ja empiirisesti sarjat, joiden avulla kuiden paikat antavat taulukot voitiin laskea. Kun Jupiterin kuista yritettiin saada merenkulun paikanmääräykseen soveltuvaa universaalikel-loa, työllä oli myös suuri käytännöllinen merkitys. Taivaanmekaniikalle ne tarjosivat vaativan haasteen.

Uppsalan tähtitieteen professorina vuodesta 1761 vuoteen 1788 toiminut Daniel Melanderhjelm (1726-1810) harrasti myös menestyksellisesti taivaanmekaniikkaa. Observatorion havaintomahdollisuudet sen sijaan heikkenivät. Kaluston kunto oli Celsiuksen jälkeen rappeutunut. Ratkaiseva parannus saatiin vasta 1853, kun Uppsalan yliopiston uusi observatorio perustettiin.

Lundin yliopiston tähtitieteen, matematiikan ja fysiikan professorien virat yhdistettiin yhdeksi 1732. Observaattorin virka perustettiin vuonna 1749, mutta instrumenttitilanne oli varsin heikko. Observatorio saatiin vasta 1867. Tähtitieteen professorin virka perustettiin jälleen 1848.

Suomessa Gadolin, Justander ja Planman olivat havaintotöissään 1750- ja 1760-luvuilla käyttäneet useita varsin hyviä välineitä. Niistä suurin osa oli saatu käyttöön maanmittauskomission kautta. Kun Justander 1775 kuoli, observaattorin tointa ei enää täytetty, ja ainakin pääosa koneista jouduttiin palauttamaan Tukholmaan maanmittauskonttoriin.

Turussa tähtitieteellinen välineistö kutistui siten lähes olemattomiin ja aiheutti huolestumista, koska havaintoja ei voitu enää tehdä. Planman tiedusteli konsistorilta 1776, voitaisiinko Uppsalan arkkipiispa Mennanderilta (1712-1786) ostaa 300 kuparitaalerilla John Dollondin (1706-1761) valmistama refraktori, koska Akatemialla ei ollut ainoatakaan [11]. Kauppa ilmeisesti tehtiin, sillä vuonna 1783 matematiikan ja fysiikan professorien käyttämien instrumenttien luettelo oli seuraavanlainen:

”1° Akromaattinen putki n. neljä jalkaa pitkä ja kaksi okulaaria.

2° Toinen putki johon kuuluu puolen jalan kvadrantti, joka kuitenkin on yhä Pietarissa professori Lexellin luona se, jonka hän on tilannut ja

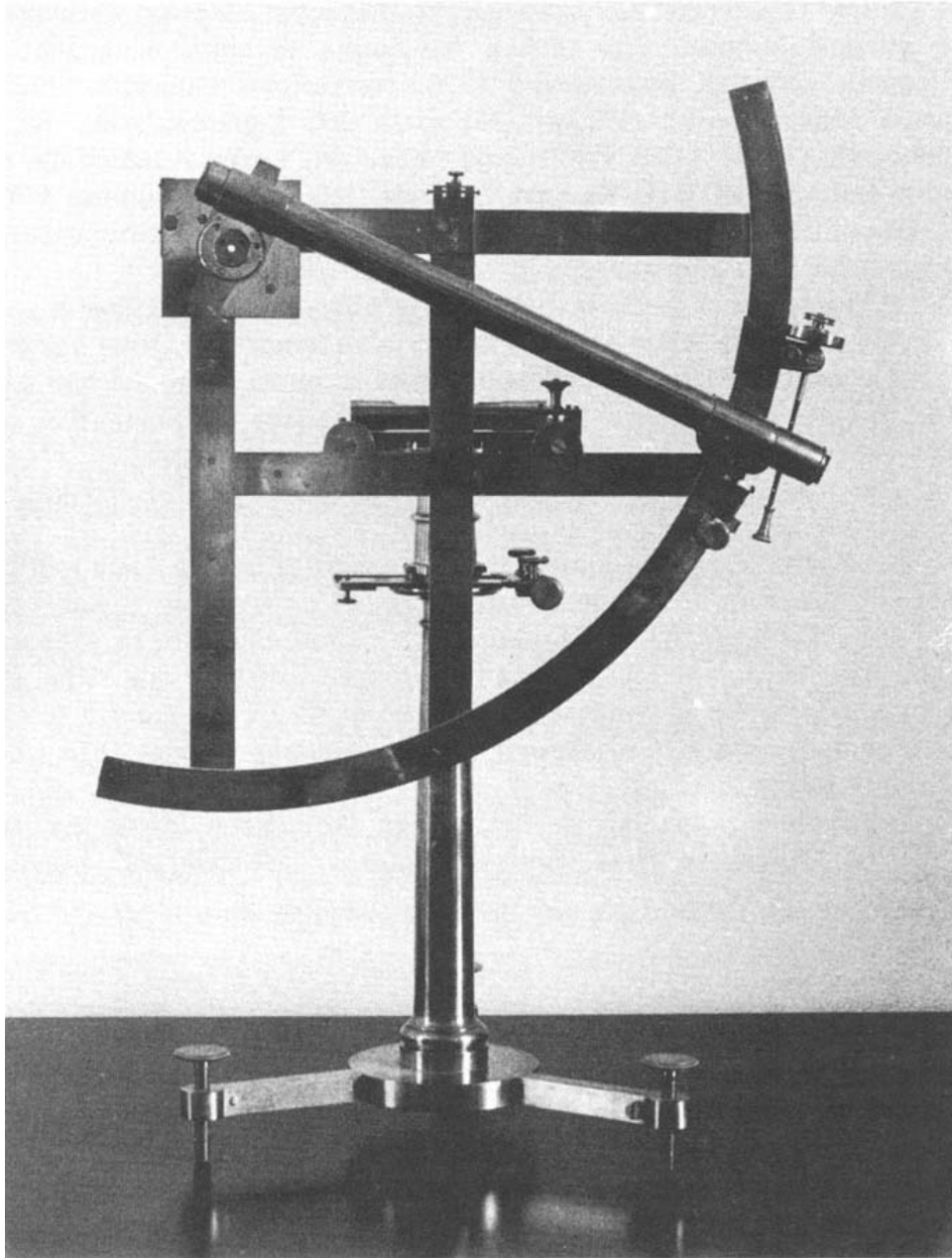
hankkinut Englannista noin sadalla riikintaalerilla.

3° Ilmapumppu jossa kaksi saapasta ja kaksi recipienttia.

4° Elektrisiteettikone, valmistettu Englannissa ja ostettu 400 kuparitaalerilla.” [\[12\]](#)

Ensimmäinen koje on ilmeisesti Mennanderilta ostettu kaukoputki. Toisen tapaus on epävarma. Observatoriossa on nykyisin englantilaisen John Birdin (1709-1776) valmistama kvadrantti, jonka säde on kuitenkin yksi jalka. Ylläolevassa luettelossa voi tietysti olla virhe. Ei ole tiedossa, onko kysymyksessä sama koje. Birdin kvadrantin tulosta observatorioon ei ole löytynyt tietoja. Ainakin vuonna 1816 sillä on tehty havaintoja.

Ruotsin tiedeakatemian ja yliopistojen tähtitieteen instrumenttitilanne oli 1700-luvun viime vuosikymmeninä kaiken kaikkiaan heikko.



Kuva 8: Birdin toiminimen valmistama yhden jalan kvadrantti 1700-luvun lopulta on mahdollisesti Lexellin Turun akatemialle hankkima. (M. Poutanen/Observatorio)



# Itsenäiseksi oppiaineeksi

## Observatoriahankkeiden alku

Ruotsin kuningas Kustaa III (1746-1792, kuninkaana vuodesta 1771) vieraili Turussa 1775, ja Akatemia esitteli toiveitaan ja tarpeitaan. Niihin sisältyi myös esitys observatorion aikaansaamisesta. perusteluissa sanottiin, ettei hyvin varustetussa yliopistossa voida vahingotta olla ilman observatoriota, ja että sekä laivaston että kaupan merenkulkua hyödyttävää tähtitiedettä ja perämiestaitoa on ilman sellaista laitosta mahdotonta opettaa.

Observatorioesitys oli vaatimaton kulujen säästämiseksi. Samoin anottiin, että maanmittauskomission observaattorin virka säilytettäisiin ja viranhaltija velvoitettaisiin huolehtimaan myös observatoriosta. Pyyntöihin ei suostuttu.

Kun Akatemialle ryhdyttiin puuhaamaan kirjasto- ja kokoelmataloa 1795, esitettiin sen katolle tornimaista, observatoriokäyttöön tarkoitettua rakennelmaa. Ajatusta ei myöhemmin pidetty hyvänä, vaan 1799 päätettiin etsiä erilliselle observatoriorakennukselle sopiva paikka. Observatorion toteutuminen kuitenkin siirtyi, sillä sen edellä kävi uuden akatemiatalon rakennustyö.

Rakennusvarojen kartuttamiseksi Akatemia sai vuodesta 1801 lähtien oikeuden kantaa tullia viedystä puutavarasta ja haloista sekä vuodesta 1802 lähtien myös piestä ja tervasta. Vaikka jouduttiinkin odottamaan, näytti myös observatoriahankkeen toteutuminen ilmeiseltä.

Planman erosi fysiikan professuurista 1801, ja hänen seuraajakseen nimitettiin Gustaf Gabriel Hällström (1775-1844). Matematiikan professoriksi oli nimitetty 1799 Anders Johan Mether. Vaikka tähtitiede edelleen kuului Akatemian sääntöjen mukaan matematiikan viran piiriin, oli Planman voimakkaimmin harjoittanut tähtitiedettä ja pyrkinyt sen asemaa edistämään. Samaa linjaa jatkoi hänen seuraajansa Hällström. Virkakautensa alussa Hällström julkaisi tiedeakatemian annaaleissa monia tähtitieteellisiä tutkimuksia. Ja vaikka hän myöhemmässä tieteellisessä toiminnassaan omistautuikin fysiikan, erikoisesti lämpöopin tutkimuksille, hän toimi määrätietoisena ponnekkaasti observatorion ja tähtitieteen viran aikaansaamiseksi Akatemiaan.



Kuva 9: Gustav Gabriel Hällström (1775-1844) toimi Yliopiston fysiikan professorina vuosina 1801-1844. Hällström vakiinnutti tähtitieteen itsenäiseksi oppiaineeksi Yliopistoon hankkimalla sitkeällä toiminnallaan observatorion, observaattorin ja sittemmin professorin viran, sekä ajanmukaisen instrumenttikokoelman. Hän kasvatti alalle pätevän tutkijan Walbeckin ja hankki tämän kuoltua Suomeen etevän nuoren tähtitieteilijän Argelanderin. Hällströmin tarmoa ja kykyjä käytettiin usein Yliopiston hankkeiden edistämiseksi. Hänen jälkeläisensä aateloitiin isänsä ansioiden tähden. (C.P. Mazerin maalaus vuodelta 1837, Helsingin yliopisto)

*Förslag till en Astronomiska Observators  
Löne-fördelning vid Högserliga Universitetet i Åbo.*

Län	By	Hemman	Härad	Mått	Mått	Summa Jordbrukets Ränta		Ondelad Antal Ränta		Summa Indelt	
						Rub.	hgr.	Rub.	hgr.	Rub.	hgr.
Lappo	Åkeri	1 Pielä	10	5	1	6 2	15	2	91		
		1 Oula	24	5	4	67	54	1	3	22 3	
		1 Luvu	5	4	6	4 1	93		5	11 1	
	Mantala	2 Sotalo	5	1 1/2	3	58 2	62	-	2	23 2	
		1 Mäkelä	10	2 3/4	4	79 3	77	2	4	2 1	
		2 Markala	5	4	6	4 1	93		5	11 1	
	Ruona	3 Kälä	5	3 3/4	3	23	58	3	2	84 1	
		3 Mäkelä	10	2 1/2	1	66	18	2	1	80 2	
		1 Granda	5	2 3/4	2	49	31		2	18	
	Hinnerjoki	2 Mattila	5	2 3/4	2	49	31		2	18	
		3 Pielä	5	2 3/4	2	49	31		2	18	
Kyro	Korke	4 Ruika	5	5 1/4	4	98	62		4	36	
		5 Kälä	5	2 3/4	2	49	31		2	18	
		6 Kurala	5	5 1/4	4	98	62		4	36	
	Korke	7 Ruika	5	5 1/4	4	98	62		4	36	
		8 Markala	5	5 1/4	4	98	62		4	36	
		9 Raula	10	1 1/2	1	24 2	15	2	1	9	
	Korke	10 Kurala	10	1 1/2	1	24 2	15	2	1	9	
		11 Pielä	5	2 3/4	2	49	31		2	18	
		1 Mäkelä	5	2 3/4	2	49	31		2	18	
	Muhijärvi	4 Korke	5	3 3/4	5	9	46	2	1	62 2	
		5 Louva	5	2 1/4	4	58	62		3	23	
Mäly	Pikari	5 Kälä	5	1 3/4	3	47 3	46	2	3	1 1	
		7 Ruto	5	5 1/4	7	30 3	62		6	88 3	
		8 Manninen	5	5 1/4	7	30 3	62		6	88 3	
	Kälä	12 Kälä	5	2 1/2	3	33 3	31		3	2 3	
		2 Kälä	5	1	2	15	31		1	8 1	
		1 Kälä	10	1 1/2	1	7 2	15	2		22	
	Kälä	1 Kälä	5	2	4	19 2	62		3	57 2	
		2 Kälä	5	1	2	15	31		1	8 1	
		2 Kälä	5	1	2	15	31		1	8 1	
	Kälä	6 Lemmälä	10	2 3/4	1	24 1	15	2	1	8 3	
		1 Kälä	5	1 1/2	2	49	31		2	18	
Orivesi	Kälä	1 Kälä	5	2 1/2	4	38	62		3	76	
		1 Kälä	5	3 3/4	7	77 1	1	18	2	6 88 3	
		3 Kälä	5	3 3/4	7	77 1	1	18	2	6 88 3	
	Kälä	1 Kälä	5	3 3/4	7	77 1	1	18	2	6 88 3	
		1 Kälä	5	3 3/4	7	77 1	1	18	2	6 88 3	
		3 Kälä	5	3 3/4	7	77 1	1	18	2	6 88 3	
	Kälä	1 Kälä	5	3 3/4	7	77 1	1	18	2	6 88 3	
		1 Kälä	5	3 3/4	7	77 1	1	18	2	6 88 3	
		3 Kälä	5	3 3/4	7	77 1	1	18	2	6 88 3	
	Kälä	1 Kälä	5	3 3/4	7	77 1	1	18	2	6 88 3	
		3 Kälä	5	3 3/4	7	77 1	1	18	2	6 88 3	
	Summa					137	98	17	87	120	11

Kuva 10: Ehdotus siitä, miten observaattorin vuosipalkka 120 ruplaa 11 kopeekkaa saadaan kootuksi. Vasemmalta: Pitäjä, kylä, tilan numero ja nimi, manttaaliluku, veroäyrit, suoritettava maksu ruplina ja kopeekkoina. Viimeisessä sarakkeessa observaattorin palkkaan käytettävä osuus maksusta. Vertaa sivun 34 tekstiin.

## Turun akatemian observatorio

Suomen sota päättyi 1809. Porvoon valtiopäivät kokoontuivat maaliskuussa ja Haminan rauha solmittiin syyskuussa. Akatemian piirissä professorit Hällström ja Johan Gadolin (1760-1852), Hällströmin appi, tunnettu kemisti ja fyysikko, sekä G. E. Haartman (1757-1815) ja ennen kaikkea varakansleri, Turun piispa Jacob Tengström (1755-1832) kehittivät yliopiston suhteita uuteen hallitukseen. Yrityksissä onnistuttiinkin. Akatemia sai pian varoja ja virkoja.

Keisarillisen kehotuksen perusteella konsistori esitti 1809 joulukuussa muun muassa tähtitieteen professorin virkaa, observatorion rakentamista ja observaattorina toimivan tähtitieteen apulaisen viran perustamista. Vuoden 1811 alussa myönnettiin muut anotut seikat, muttei tähtitieteen virkoja eikä observatoriota. Akatemialle luvattiin kuitenkin toivoa näidenkin toteutumisesta ajan mukana.

Elokuussa 1812 Aleksanteri I (1777-1825) vieraili Turussa. Akatemian kansleri Gustaf Mauritz Armfelt (1757-1814) osallistui konsistorin istuntoon 29. elokuuta. Konsistori esitti, että kun uusi akatemiatalo kohta valmistuisi, olisi paikallaan ryhtyä observatorion rakentamiseen. Perusteluna esitettiin observatorion merkitys tieteelle ja opiskelevalle nuorisolle. Lisäksi viitattiin merenkulkukouluun, joka jo oli määrätty perustettavaksi. Edelleen mainittiin, että akatemiatalon suuresta rakennustyöstä oli jäänyt jäljelle materiaalia ja että paikkakunnalla oli nyt kivenhakkaajia ja muita ammattitaitoisia työmiehiä, jotka kohta hajaantuisivat ja joita myöhemmin olisi vaikeaa hankkia.

Kansleri Armfelt ilmaisi ymmärtävänsä tästä tieteille koituvan hyödyn, jätti suostumuksensa ja kehotti konsistoria lähettämään observatorion piirustukset ja kustannusarvion [1]. Observatorion perustamiselle oli siis saatu päätös.

Kun akatemiatalo alkoi valmistua ryhdyttiin observatoriohankkeessa toimiin. Hällström omien sanojensa mukaan hankki ja kokosi ”hyvissä ajoin tietoja ja neuvoja, joita sekä kotimaasta että Ruotsista mahdollisesti saatoin saada.” [2]. Vaikuttaa ilmeiseltä, että Hällström laati varsin yksityiskohtaiset luonnokset ja käytti suunnitelmiansa mallina tiedeakatemian observatoriota, joka oli valmistunut Tukholmassa vuonna 1753. Tilojen sijoittelu ilman-suuntien mukaan ja pohjakaava noudattaa Turussa Tukholman käytäntöä. Useissa observatoriota ja sen varustusta koskevissa muistioissaan Hällström ei viittaa mihinkään observatorioon suunnitelmiansa mallina.

Laatimiaan luonnoksia Hällström lienee esitellyt tapaamilleen henkilöille, joiden hän saattoi olettaa tuntevan observatorioita, ja kysynyt heidän neuvojaan. Vuonna 1814 Hällström tapasi Turussa arkkitehti Carl Ludvig Engelin (1778-1840), joka oli Pietarista käymässä ja etsimässä uusia työmahdollisuuksia. Hällström kuuli Engelin syntyneen Berliinissä ja uskoi tämän epäilemättä ”tuntevan Berliinin kuuluisan observatorion ja otaksuttiin



Kuva 11: Tukholman 1753 valmistunut observatorio Kuninkaallisen tiedeakatemian 1760- ja 1770-luvuilla käytössä olleen paperin vinjetissä.

tarkkaavasti katsoneen muitakin sellaisia rakennuksia” [3].

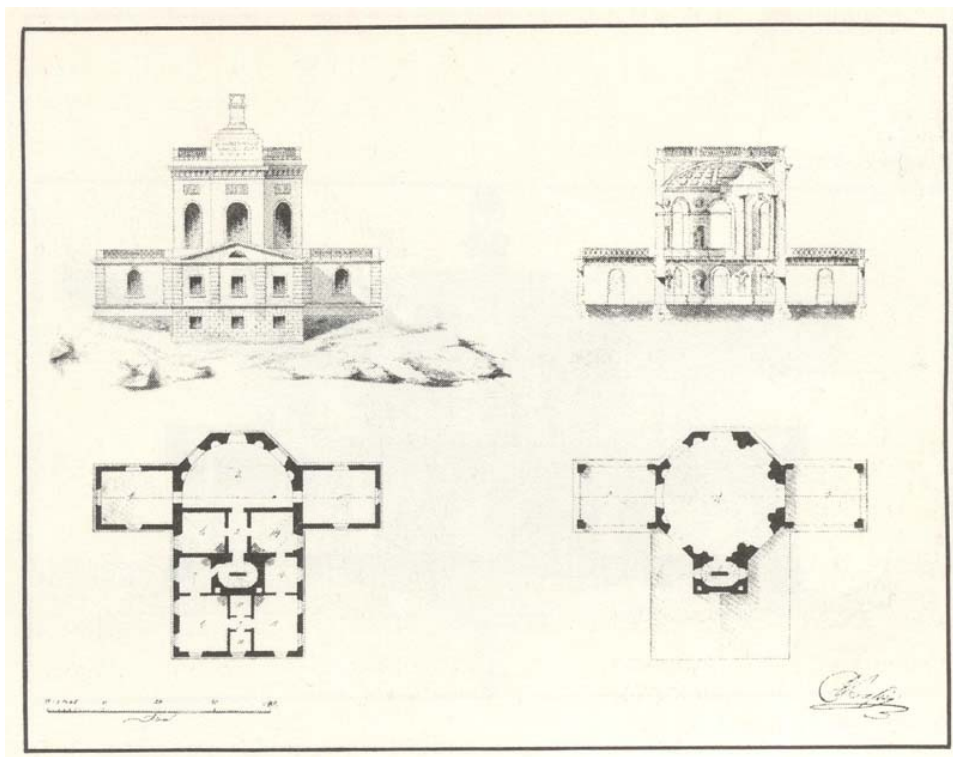
Itse asiassa Engelillä tuskin oli lainkaan observatorioita koskevaa erikoistietoa. Kun Hällström oli esitellyt hänelle suunnitelmansa, Engel oli luvannut harkita asiaa [4]. Enempää ei Hällströmin ja Engelin kesken välittömästi kehkeytynyt, mutta tapaamisella oli myöhemmin huomattavat seuraukset.

Lokakuussa 1815 erotettiin Turun Vartiovuorenmäen laelta tontti observatoriota varten. Intendentinkonttorin päällikkö Charles Bassi (1772-1840) laati piirustukset Hällströmin ohjelman mukaan.

Koko hanketta koskeva muistio käsiteltiin konsistorissa 24.5.1816 ja sen sisältämä esitys lähetettiin kanslerille, perintöruhtinas Nikolaille (1796-1855) 11. heinäkuuta samana vuonna [5].

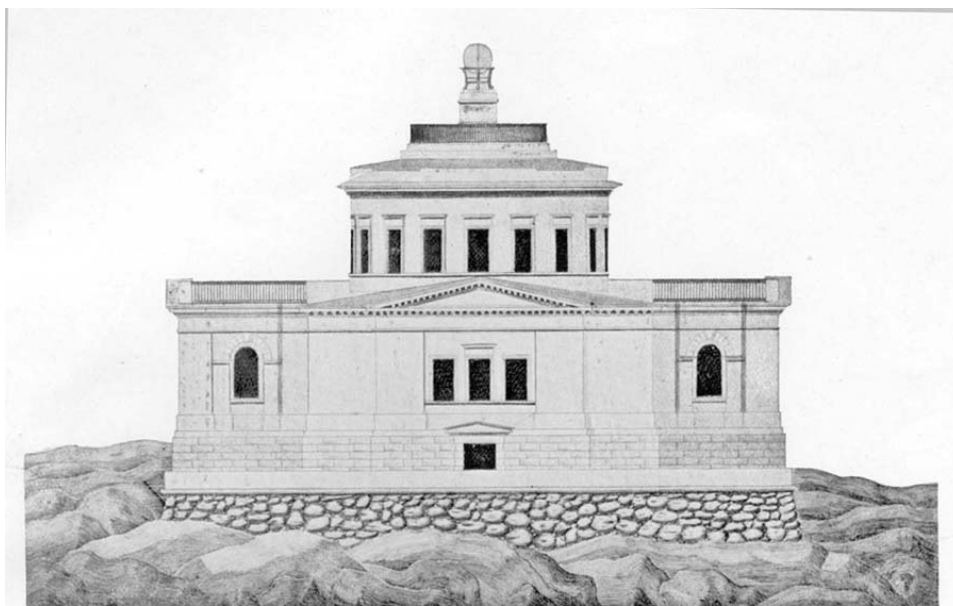
Muistion alussa muistutetaan keisarillisen majesteetin helmikuussa 1811 antamasta lupauksesta tukea ja laajentaa Akatemian toimintaa. Akatemiatalon todetaan kohta valmistuvan ja huomautetaan, että ylijääviä rakennustarvikkeita voitaisiin käyttää hyödyksi observatorion pystyttämisessä. Ammattitaitoisen työvoiman saatavuudesta huomautetaan myös. Seuraavaksi kerrotaan muistiossa observatoriolle sopivan paikan löytymisestä ja erottamisesta.

Muistiossa arvellaan, että Akatemian uudisrakennusrahaston tulot vielä muutaman vuoden ajan menevät uuden akatemiatalon rakennusvelkojen maksuun, mutta samalla anotaan, että rahaston varojen käyttöaikaa pidennettäisiin tai myönnettäisiin uusia varoja. Hanketta perustellaan ennen

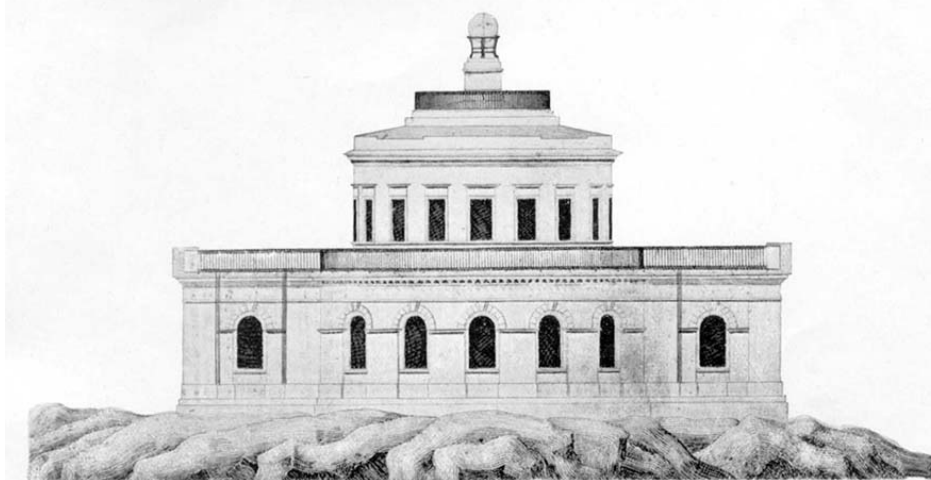


Kuva 12: Charles Bassin (1772-1840) suunnitelma Turun akatemian observatorioksi vuodelta 1816.





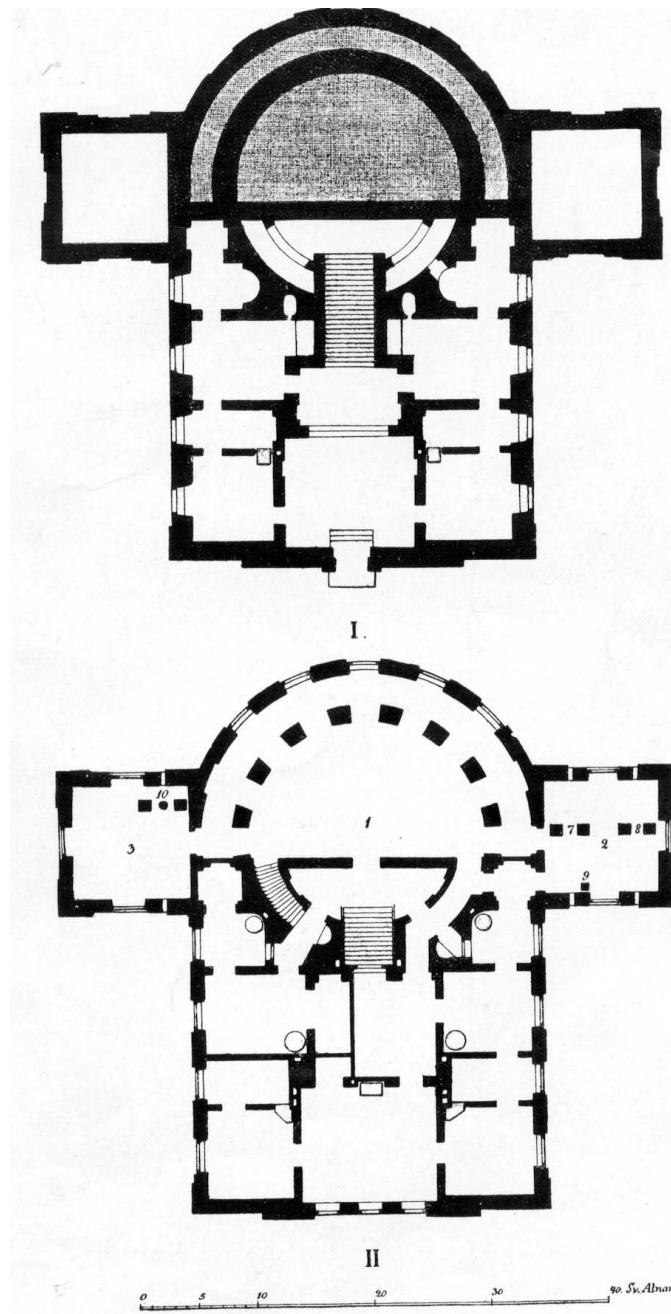
Norra Façaden



Södra Façaden

OBSERVATORIET I ÅBO.

Kuva 13: Pohjoinen ja eteläinen julkisivu.



Kuva 14: Carl Ludwig Engelin (1778-1840) suunnitelma Turun akatemian observatorioksi vuodelta 1816. Bussin ja Engelin suunnitelmien pohjana oli Hällströmin määrätietoinen rakennuksen tila- ja toimintaohjelma. Pohjapiirroksen numerot viittaavat kivipylväiden varaan pystytettyihin instrumentteihin; 7 ja 8: meridiaaniympyrä ja ohikulkukone, 9: heilurikello ja 10: repetitioympyrä.

kaikkea laivaston ja kauppamerenkulun tarpeilla ja hyödyttämällä.

Uudelleen konsistori muistuttaa käsiteltäviin tieteellisen laitoksen merkityksestä nuorison taidollisessa sivistämisessä valtiota palvelemaan ja huomauttaa, että sellainen harvoin puuttuu hyvin varustetusta yliopistosta, ja ilmoittaa liittävänsä mukaan intendentti Charles Bassin yhteistuumin useiden yliopiston asiantuntevien opettajien kanssa laatimat observatorion piirustukset.

Esille otetaan myös kysymys välttämättömän observaattorin kiinnittämisestä ja palkkaamisesta. Konsistori ilmoittaa helpottuneena, että Akatemian maatala- ja vuokratulot riittävät palkkaukseen. Muistiossa esitetään, että observaattori rinnastettaisiin Akatemian muihin adjunkteihin eli apulaisiin. Palkkaukseksi esitetään vapaan asunnon, halkojen ja lämmön lisäksi 120 ruplaa 11 kopeekkaa vuodessa eli noin 24 ruplaa enemmän kuin muille adjunkteille maksettiin. Eroa perustellaan sillä, että observaattori on sidottu työhönsä yötä päivää ja vastaisi lisäksi Akatemialle 10.2.1811 myönnetyn almanakkaerioikeuden mukaisten almanakkojen toimittamisesta.

Samalla anotaan, että almanakkojen painatuksen tuotolla voitaisiin tukea astronomisten, matemaattisten ja fysikaalisten instrumenttien hankkimisrahastoa.

Myös anotaan, että observaattori voitaisiin palkata jo ennen observatorion valmistumista. Tämä olisi tarpeellista kahdesta syystä. Akatemialla on jo astronomisia kojeita ja uusia odotetaan kesällä Englannista. Kaikki ovat siirrettäviä kojeita. Niitä käytetään opiskelijoiden harjoituksissa, missä observaattoriakin tarvitaan. Toiseksi tähtitieteellistä asiantuntemusta tarvitaan observatorion rakennustyön aikana osoittamaan oikeita suuntia ja valmistelemaan ja valvomaan kiinteästi pystytettävien instrumenttien perustuksia. Muistiossa mainitaan sellaisina erikseen ohikulkukone ja muurikvadrantti.

Lopuksi esitetään, että observaattori tarvitsee päivittäisissä töissään ja erikoisesti yöllisissä havainnoissa apulaisen. Siksi anotaan, että opiskelijoista sopiva stipendiaatti voitaisiin vapaata, Observatoriossa sijaitsevaa asuntoa ja Bilmarkin stipendiä vastaan ottaa observatorion amanuenssiksi. Lisäksi hän saisi tavallisen apurahan ja voisi pysyä toimessaan neljä vuotta, jos hoitaa toimensa hyvin.

Konsistori jäi odottamaan suosiollista päätöstä, mutta asiat saivatkin yllättävän käänteän. Engel, josta Hällström ei ollut heidän tapaamisensa jälkeen 1814 kuullut mitään, välitti syyskuussa 1816 Hällströmille tiedon, että observatorion piirustukset olisivat pian valmiit. Engel oli nyt Helsingissä, jossa hänet oli määrätty kaupungin uudisrakennuskomitean väliaikaiseksi arkkitehdiksi.

Hällström kiirehti ilmoittamaan, että asia oli toimitettu keisarin käsitelyyn. Hällström sai lokakuussa Engeliltä vastauksen, jossa tämä kertoi tietävänsä että asia on viety Pietariin, muttei vielä päätetty. Siksi Engel pyysi, että hänenkin suunnitelmansa toimitettaisiin keisarin tarkastettavak-



Kuva 15: Henrik Johan Walbeck (1793-1822) o/i Turun akatemian observaattori vuosina 1817-1822. (G. W. Simbergin piirros vuodelta 1822, Observatorio)



Kuva 16: Yliopiston vanha observatorio Turun Vartiovuorenmäellä etelälounaasta. Puolipyöreän salin etelään antavat ikkunat oli ajateltu pienillä instrumenteilla tehtäviä havaintoja varten. (Valok. N.E. Wickberg/Rakennustaiteen museo)

si. Hällström sai Engelin suunnitelman, keskusteli varakanslerin, rehtorin ja muutamien professorien kanssa ja jätti piirustukset eräiden kiireesti laadittujen huomautusten kera Pietariin vietäväksi kanslerin sihteerin L. G. von Haartmanin (1789-1859) mukana.

Von Haartman kirjoitti Hällströmille, että keisari oli valinnut Engelin ehdotuksen ja määrännyt observatorion niiden mukaan rakennettavaksi Hällströmin huomautusten mukaan korjattuna.

Asioiden yllättävä käänne ja konsistorin ohittaminen herättivät luonnollisesti närkästystä, ja 14. joulukuuta 1816 Hällström jätti konsistorille perusteellisen selostuksen tapahtumien kulusta. Konsistori katsoi, ettei asiassa ole aihetta enempään, vaan jäädään odottamaan päätöstä [4].

Keisari päätti asian lopullisesti 31. maaliskuuta 1817 ja se annettiin tiedoksi konsistorissa 12. huhtikuuta [6].

Bassin ja Engelin suunnitelmia vertaillen voi todeta kummankin pohjautuneen hyvin määrätietoisesti laadittuun rakennuksen käyttösuunnitelmaan ja tilaohjelmaan.

Hällström oli laatinut luonnoksen jo 1814 tienoilla. Hänen oma kokemuksensa ja Ruotsissa tuolloin yleensä käytettävissä ollut havaintokokemus rajoittui pieniin, siirrettäviin koneisiin. Niinpä suunnitelma rakentui niiden käytön pohjalle.



Kuva 17: Turun vanha observatorio itäkaakosta. Itäiseen havaintosaliin pystytettiin repetitioympyrä. Asuntosiihi näkyi pohjoiseen, Aurajoelle ja kaupunkiin. (Valok. N. E. Wickberg/Rakennustaiteen museo).



Kuva 18: Vartiovuorenmäen observatorio lounaasta. (Rakennustaiteen museo)



Jo lokakuussa 1816 alkoi Hällströmin ja Helsingissä työskentelevän Engelin välillä vilkas kirjeenvaihto. Ratkaistavia yksityiskohtia oli runsaasti, ja syntyipä vakava kiistakin. Engel halusi rakennuksen puolipyöreän pääjulkisivun pohjoiseen, jolloin se kukkulalta näkyisi kauniisti kaupunkiin. Hällström oli suunnitellut sen etelään, jotta sen ikkunoista voitaisiin havaita erityisesti Aurinkoa ja planeettoja. Toiminnallisista periaatteista järkähtämättä kiinnipitävä Hällström sai viimein Engelin suostumaan kantaansa.

Hällström oli ilmeisesti hankkinut tietoja ajan tähtitieteellisistä havaintomenetelmistä, sillä kirjeenvaihdosta käy ilmi, että isot, kiinteästi pystytetyt koneet tulivat suunnitelmissa tärkeiksi. Huomiota kiinnitettiin instrumenttien perustukseen ja havaintotilojen lattioiden rakenteeseen [7].

Konsistori hyväksyi tyytyväisenä lopulliset piirustukset 11.1.1817 ja ne toimitettiin Pietariin.

Rakennustyöt aloitettiin vuoden 1817 kesällä. Työssä oli edelleen vaikeuksia. Hällström sai toistuvasti hoputtaa muiden töiden nyt rasittamalta Engeliltä ohjeita ja työpiirustuksia. Bassin johtama intendentinkonttori ei luonnollisestikaan ottanut työtä hoitaakseen. Yliopiston uudisrakennustoimikunta sai tehtävän, ja komitean asiantuntijajäseniksi nimitettiin professorit Hällström ja Palander. Engelin ja toimikunnan välit tulehtuivat välillä pahastikin, mutta vaikeuksista selvitettiin [8]. Observatoriorakennus valmistui vuoden 1819 syksyyn niin pitkälle, että sitä voitiin ryhtyä käyttämään.

## Tähtitieteen vakiintuminen Turussa

Edellä selostetusta, konsistorin kanslerille 24.5.1816 laatimasta muistiosta näkyy, että nyt toteutettiin mittavaa hanketta. Siihen kuului havaintotoimintaan a muuhun työskentelyyn sekä henkilökunnan asumiseen suunniteltu observatoriorakennus, observaattorin ja amanuenssin toimet sekä monien isojenkin instrumenttien hankkiminen.

On selvää, ettei Hällström olisi voinut niin tarmokkaasti ajaa observaattorin viran perustamista, ellei tiedossa olisi ollut toimeen pätevää henkilöä. Hällströmin oppilas, Henrik Johan Walbeck (1793-1822) aloitti opintonsa Turussa 1808 ja valmistui maisteriksi 1815. Hänen disputaationsa pro gradu käsitteli tähdenpeittojen ja auringonpimennysten laskemisessa tarvittavia vakioita. Kahta kuukautta myöhemmin hän esitti sovelletun matematiikan dosentinväitöskirjansa, jossa esitti ennakkolaskelmat vuoden 1816 marraskuun 19. päivän auringonpimennyksestä, joka näkyi Turussa.

Vuodesta 1814 hän teki jatkuvasti tähtitieteellisiä ja paikanmääräyshavaintoja arkkipiispa Mennanderilta 1776 ostetulla Dollondin neljän jalan refraktorilla ja sekstantilla, siis varsin vaatimattomilla välineillä. Hän julkaisi 1816 myös veden tiheyttä ja lämpötilaa koskevan työn, alalta, jolle Hällström myöhemmin erikoisesti keskittyi. Työssä hän käytti pienimmän neliösumman keinoa, jonka Gauss (1777-1855) ja Legendre (1752-1833) oli-



Kuva 19: Joseph von Fraunhoferin (1787-1826) valmistama heliometri oli tarkoitettu pienten kulmien määrykseen. Objektiivi on halkaistu, ja puolikkaita voi siirtää toistensa suhteen mittausta varten. Heliometri oli Observatorion läntisessä tornissa. (M. Poutanen/Observatorio)

vat luoneet muutamaa vuotta aikaisemmin. Walbeck korosti menetelmän tehokkuutta ja suositteli sitä moniin tarkoituksiin.

Walbeck julkaisi tuloksiaan paitsi kuninkaallisen akatemian annaaleissa myös Euroopan tärkeimmissä tähtitieteellisissä sarjoissa, joita olivat Boden (1747-1826) Berliinissä toimittama *Astronomisches Jahrbuch*, joka oli ilmestynyt vuodesta 1774 lähtien, paroni von Zachin Gothan Seebergissä julkaisema *Astronomisches Correspondenz* sekä vuodesta 1823 lähtien H. C. Schumacherin (1780-1850) toimittamana ilmestynyt *Astronomische Nachrichten* Hampurissa.

Vuonna 1816 saapui Englannista Troughtonin valmistama sekstantti ja kaksi pientä kronometria, joita Walbeck käytti havaintotöissään.

Kun observaattorin toimi julistettiin avoimeksi oli Walbeck ainoa hakija. Kansleri nimitti hänet tiedekunnan ja konsistorin esityksestä 18.11.1817.

Walbeckin merkittävin työ oli 1819 ilmestynyt ”De forma et magnitudine telluris ex dimensis arcibus meridiani, definiendis” [9]. Walbeck käytti yhteensä kuutta eri puolilla maailmaa, nimittäin Intiassa, Perussa, Ranskassa, Englannissa ja vuosina 1801-1803 Tornionjokilaaksossa tehtyä meridiaani-kaaren astemittausta ja määräsi pienimmän neliösumman keinolla maapallon koon ja muodon, lähinnä litistyneisyyden. Tulokset olivat erinomaisen tarkkoja.

Tarton yliopiston observatorion johtaja Friedrich Georg Wilhelm Struve (1793-1864) esitti Walbeckin tutkimuksen saatuaan laajaa yhteistyötä, jossa astemittaus ulotettaisiin Baltiasta Riianlahdelta Suomenlahden yli ja pohjoisemmaksi Suomeen. Walbeck innostui ja valmisteli kesällä 1819 mittauksia Hämeessä sekä vieraili syksyllä 1819 Tartossa.

Wilhelm Struve oli 1813 nimitetty vuonna 1810 perustetun Tarton observatorion johtajaksi. Tartossa Walbeck sai ensimmäisen kerran syksyllä 1819 tutustua oikeaan observatorioon ja sen laitteisiin, mm. kiinteästi pystytettyyn ohikulkukoneeseen, joka oli valmistunut 1813. Matkan aikana ja Tartossa Walbeck teki myös tähtitieteellisiä havaintoja.

## Observatorion monipuolinen varustus

Hällströmillä oli keskeinen osa valmistuvan observatorion varustamisessa havaintoja varten. Alunperin hänen suunnitelmiensa lähtökohtana oli havaintotoiminta, joka perustui pieniin siirrettäviin koneisiin. Muistiossa konsistorille 24.5.1816 Hällström puhuu jo kiinteästi pystytettävistä koneista, ohikulkukoneesta ja meridiaanikvadrantista. Konsistorin muistiossa kanslerille samalta päivältä mainitaan myös puolen jalan repetitioympyrä [10].

Kiinteästi pystytettyjä suuria koneita oli käyttänyt jo Tyko Brahe (1546-1601) Juutinraumaan Venin saarelle pystyttämässään observatoriossa 1576 lähtien.

Kun kaukoputki otettiin tähtitieteessä käyttöön vuonna 1609, alkoi ke-

hitys joka johti yhä pitempiin teleskooppeihin jotta yksinkertaisten linssien väripoikkeama ei olisi havaintoja haitannut. Tällaisia pitkiä, vaikeasti käsiteltäviä kaukoputkia käyttivät mm. Gadolin ja Planman Venuksen ohikulkuhavainnoissa 1760-luvulla, kuten edellä on kerrottu. Taivaankappaleiden paikkojen eli koordinaattien mittaukseen käytettiin pienempiä, siirrettäviä kojeita, sekstantteja, kvadrantteja ja muita sektoreita. Kiinteästi pystytettyjä kulmamittauskoneitakin kehitettiin. Sellaisia oli esimerkiksi Englannin ensimmäisen kuninkaallisen astronomin John Flamsteedin (1646-1719) Greenwichiin vuonna 1675 perustettuun observatorioon rakentama seitsemän jalan ekvatoriaalisekstantti, jolla havainnot aloitettiin 1676. Samassa observatoriossa otettiin viiden jalan ohikulkukone käyttöön vuonna 1721. Vuonna 1725 pystytettiin meridiaanin suuntaiseen seinään Grahamin valmistama kahdeksan jalan muurikvadrantti [11].

Tarton observatorioon oli vuonna 1813 pystytetty Dollondin valmistama ohikulkukone.

Vuonna 1812 Greenwichissä valmistui Troughtonin rakentama kuuden jalan meridiaanimuuriympyrä ja 1816 saman valmistajan kymmenen jalan ohikulkukone. John Pond (1767-1836) julkaisi meridiaaniympyrällä tekemänsä havainnot 1813 ja sai siitä runsaasti kiitosta mm. Besseliltä (1784-1846) [12].

Toukokuun 31. päivänä 1817 Hällström jätti konsistorille muistion jossa esitetään laaja instrumenttien hankintaohjelma [13]. Alussa Hällström viittaa observatorion ja sen varustuksen tuomaan hyötyyn ei vain opiskelevalle nuorisolle vaan myös koko merenkulkua ja kauppaa harjoittavalle väelle. Se tuottaisi mainetta ja arvostusta Akatemialle sekä uutta rohkaisua opettajille ja oppilaille [14].

Hällström lausuu, että observatorio ja observaattori voivat täyttää tehtävänsä ja käyttää mahdollisuudet täysin hyväkseen sekä tehdä observatorion tunnetuksi, mikä on tarpeen tieteelle välttämättömien yhteyksien saavuttamiseksi muiden observatorioiden kanssa, vasta kun laitos on varustettu erinomaisen hyvillä instrumenteilla.

Hällström sanoo, että ohikulkukonetta on aina pidetty niin olennaisen tärkeänä observatoriossa, että viimeainittu vasta sitten ansaitsee nimensä, kun edellinen on hankittu ja asianmukaisesti pystytetty. Hällström esittää hankittavaksi akromaattista kahdeksan jalan putkea, joka pystytetään kahden kallioon kiinnitetyn kivipilarin varaan. Hinnaksi Hällström ilmoittaa 250 puntaa.

Hällström mainitsee myös, että aiemmin suositut muurikvadrantit ovat nyttemmin jääneet pois käytöstä. Vielä toukokuussa 1816, siis vuotta aikaisemmin Hällström esitti sellaisen hankintaa. Nyt Hällström puhuu meridiaanimuuriympyrästä, jollaisen Troughton muutama vuosi sitten on valmistanut Greenwichin observatorioon ja joka on erinomaisen tarkka. Hinta on kokonaista 2060 puntaa. Hällström viittaa ilmeisesti edellä mainittuun Troughtonin toimittamaan instrumenttiin.

Hällström huomauttaa, että tällaiset instrumentit pystytetään kallioon

kiinnitettyihin pylväisiin, joten niiden hankkimisesta heti tai myöhemmin on päätettävä nyt, kun rakennuskin valmistetaan. Hän muistuttaa myös, että tarpeelliset havaintoaukot kulkevat koko talon poikki, ja ne on piirustuksiin merkittävä.

Hällström viittaa Troughtoniin valmistajana. Kuten edellä on kerrottu, kesällä 1816 oli Akatemialle saapunut Troughtonin tekemä sekstantti. Hällström oli seurannut havaintotekniikan kehitystä tähtitieteellisen kirjallisuuden avulla, mutta uuden observatorion valmisteluista tietoinen Troughton on saattanut erikseen informoida suunnittelusta vastaavaa Hällströmiä.

Kiinteiden instrumenttien lisäksi Hällström sanoo tarvittavan kelloja, joiden heilurit on kompensoitu niin, etteivät lämpötilan muutokset vaikuta niiden käyntiin. Akatemian kahta vanhaa heilurikelloa hän ei enää kelpuuta.

Lisäksi tarvittaisiin halkaisijaltaan 18 tuuman repetitioympyrä ja kolmiomittauksiin soveltuva teodoliitti. Tässä yhteydessä Hällström kertoo toiveestaan saada aikaan astemittaus Pietarin observatoriosta Tukholman observatorioon, jotka sattuvat sijaitsemaan lähes samalla leveyspiirillä. Kahden viimeksimainitun koneen mahdollisena toimittajana Hällström mainitsee müncheniläisen Georg von Reichenbachin (1772-1826) ja kertoo kirjoittaneensa asiasta Leipzigiin, mutta odottavansa vielä vastausta.

Vielä Hällström luettelee joukon tarpeellisia instrumentteja: heliometrin, useammanlaisia mikrometrejä, komeetanetsijän, karttapalloja ym., joiden hinta on kuitenkin aiemmin mainittuihin nähden hänen arvionsa mukaan merkityksetön. Heliometri oli juuri tullut käyttöön pienten kulmien, kuten kaksoistähtien komponenttien näennäisten välimatkojen mittaukseen sopivana linssikaukoputkena. Utzschneiderin ja Fraunhoferin valmistamia heliometrejä oli vuosina 1815-1817 toimitettu mm. Bremenin ja Göttingenin observatorioihin [15].

Hällström lainaa luettelonsa lopuksi Tyko Brahea, jonka mukaan observatoriossa täytyy olla "aut nulla instrumenta, aut maxima" eli joko ei lainkaan instrumentteja tai kaikki.

Hällström toteaa, että jos esitettyjä instrumentteja pidetään tarpeellisina, on sitten selvitettävä mistä saadaan niihin varat. Astronomisten ja fyysikaalisten kojeiden rahaston vuotuinen tuotto ei hänen mukaansa vastannut kuin 200 punttaa, joten vain pieniä siirrettäviä kojeita voitiin sen varassa hankkia. Muista rahastoista olisi saatava rahoitus isompien koneiden ostoon. Varat palautettaisiin fyysikaalisten ja astronomisten kojeiden rahastosta ajan mukana.

Konsistori ehdotti kojeiden hankkimista Hällströmin esityksen mukaan. Kansleri vahvisti 27. 7.1817, että varat otetaan uudisrakennusrahastosta ja maksetaan takaisin kojerahastosta sitä mukaa, kun sinne varoja kertyy.

Konsistorin päätöksen mukaan 12.9.1817 Hällström ryhtyi hankkimaan kojeita Englannista Troughtonilta. Apua oli tarkoitus pyytää Greenwichin kuninkaalliselta astronomilta J. Pondilta. Niin kuin edellä kerrottiin, Hällström oli jo tiedustellut kojeita Saksasta. Nyt tuli tietoja Reichenbachilta ja

niin ikään müncheniläiseltä J. von Utzschneiderilta (1761-1840), jolle Joseph von Fraunhofer (1787-1826) valmisti linsskejä ja suunnitteli uusia teleskoop-pikonstruktioita.

Konsistori päätti tilata kojeet Utzschneiderilta ja asetti lopullista tilausehdotusta valmistelemaan toimikunnan, johon kuuluivat professorit Hällström, Palander ja Ahlstedt sekä matematiikan adjunkti, entinen tähtitieteen dosentti Schulten ja observaattori Walbeck.

Toimikunta jätti 6.2.1818 konsistorille ehdotuksensa joka hyväksyttiin ja kojeet tilattiin heti Utzschneiderilta. Kojevalikoima noudatti Hällströmin aikaisemman muistion periaatteita. Meridiaaniympyrä oli vaihtunut kahden jalan meridiaaniympyräksi, ja pienempiä kojeita oli lisätty. Uutuutena oli ekvatoriaali, jolla samoin kuin heliometrilla tehtiin havaintoja muissakin taivaansuunnissa kuin meridiaanissa. Tällaisten kojeiden käyttöä ei ollut osattu ottaa huomioon observatorion suunnittelussa, jonka periaatteet Hällström oli kiinnittänyt jo 1814.

Ekvatoriaali on kaukoputki, jonka jalustan kahdesta akselista toinen on asetettu maapallon akselin suuntaiseksi ja toinen kohtisuoraan sitä vastaan. Näin kaukoputki voidaan suunnata kaikkiin taivaan suuntiin. Jos viimeksi mainitun akselin asento lukitaan, voidaan kaukoputkea ensinmainitun ympäri kääntämällä seurata tähden vuorokautista liikettä taivaalla. Ekvatoriaalisesti pystytetty kaukoputki tarvitsee suojakseen rakennuksen, josta on vapaa näkyvyys kaikkiin taivaansuuntiin. Sitä varten kehitettiin kääntyvä kupu- tai lieriökatto, jossa oli avattavat luukut.

Ekvatoriaalisesti pystytettyjä kulmanmittauskojeina käytettyjä kaukoputkia oli jo edellä mainittu Flamsteedin sekstantti (1676) Greenwichissä ja englantilaisen Jesse Ramsdenin vuonna 1791 rakentama Schuckburgin ekvatoriaaliympyrä. Mutta varsinaisen ekvatoriaalisesti pystytetyn, kellokoneella varustetun refraktorin kehitti von Fraunhofer. Se perustui pieniä heliometreja varten suunniteltuun jalustatyyppiin, joita Utzschneiderin ja Fraunhoferin tehdas valmisti useita vuosina 1815-1817. Ensimmäisen suuren ekvatoriaalin tehdas toimitti Tarttoon vuonna 1823. Se oli varustettu yhdeksän tuuman akromaattiobjektiivilla. Vuonna 1812 Fraunhofer oli jo toimittanut 7 1/4 tuuman refraktorin Napolin observatorioon [16].

Walbeckin Tarton-matka syksyllä 1819 osoitti, että hänen olisi tarpeen tutustua useampaankin eurooppalaiseen observatorioon. Hänelle myönnettiin apuraha, joka oli tarkoitettu myös Münchenissä käyntiä varten. Walbeck valvoisi sieltä tilattujen instrumenttien toimituksen Turkuun. Walbeck lähti matkaan heinäkuussa 1820. Münchenissä oli vain teodoliitti valmiina. Se tarkastettiin ja lähetettiin Turkuun. Muista kojeista Walbeckille ei pystytty antamaan sitovia toimitusaikoja. Matka oli kyllä hyödyksi, ja asiantuntijoilta saatujen neuvojen perusteella tehtiin monia instrumenttien ominaisuuksia täsmäntäviä ratkaisuja.

Meridiaaniympyrän kehä sovittiin alkuperäistä suuremmaksi, kolmen jalan läpimittaiseksi, siten että müncheniläiset Reichenbach ja Ertel valmisti-

vat sen, koska tällä toiminimellä oli kyllin suuri jakokone. Muut osat valmisti Utzschneider. Samanlaiset meridiaaniympyrät Reichenbach toimitti vuonna 1819 Bonniin ja Königsbergiin [17].

Walbeck ei myöskään ollut tutustunut ekvatoriaalin käyttöön. Hän jopa ehdotti sen pystytyksen vaihtamista alt-atsimutaaliseksi. Jalustassa olisi siis silloin ollut yksi akseli pysty-, toinen vaakasuorassa. Niin ei sentään menetelty.

Walbeck vieraili Hampurin Altonassa Schumacherin luona, Karl Friedrich Gaussin (1777-1855) johtamassa Göttingenin observatoriossa, Gothan observatoriossa Seebergissä, Berliinissä, Friedrich Wilhelm Besselin (1784-1846) luona Königsbergissä ja palatessaan viimein Tartossa Struven luona. Turkuun hän saapui maaliskuussa 1821.

Palattuaan Walbeck ryhtyi kojeita odotellessaan valmistelemaan Struven suunnittelemaa kolmiomittaustyötä Suomenlahden yli ja edelleen pohjoiseen. Hänen työnsä katkesi kuitenkin 22.10.1822 itsemurhaan observatoriossa.

## Uuden observatorion käyttöönotto

Walbeckin äkillinen kuolema synnytti ongelmia, jotka oli kiireesti ratkaistava, ettei tähtitieteen voimakas kehittyminen Turussa vaarantuisi. Hällström toimi väsymättömällä innolla. Hän lupasi ottaa vastaan ja säilyttää saapuvat instrumentit. Lisäksi hän hankki tietoja mahdollisista observaattoriedokkaista. Hakijaksi saatiin Königsbergissä opiskellut ja siellä työskentelevä Friedrich Wilhelm August Argelander (1799-1875). Argelanderin tieteellisen tuotannon lisäksi hakemusta seurasi hänen opettajansa ja esimiehensä Besselin erinomainen suositus. Lisäksi Struve oli häntä suositellut. Argelander nimitettiin 28. huhtikuuta 1823, ja hän saapui Turkuun 12. elokuuta.

Argelander syntyi 22.3.1799 Memelissä Itä-Preussissa kauppiaan poikana. Hänen isänsä isä oli syntynyt 1729 Pernajassa. Suku oli alkuaan Pohjois-Savosta. Argelander opiskeli Königsbergissä Besselin, oppilaana ja väitteli 1822 siellä tohtoriksi Flamsteedin tähtien paikkoja koskevista havainnoista. Yksityisdosentuuriaan varten hän julkaisi vuoden 1811 komeetan rataa koskevan tutkimuksen.

Kun Argelander saapui Turkuun, hän ryhtyi panemaan uutta observatoriota ja kalustoa havaintokuntoon. Akatemian vanhempia instrumentteja, joita oli varsin vähän ja jotka olivat pieniä, Argelander ei juuri katsonut käyttökelpoisiksi. Uusista kojeista kahdeksan jalan ohikulkukone oli saapunut. Sen havaintohuone observatoriossa valmistui vasta vuoden 1825 lopussa, ja kone saatiin paikoilleen maaliskuussa 1826.

Kahden jalan läpimittainen repetitioympyrä ja Walbeckin Münchenissä tarkastama teodoliitti olivat myös tulleet, lisäksi Utzschneiderin kompen-satioheilurikello ja muutama pienempi koje.



Kuva 20: Friedrich Wilhelm August Argelander (1799-1875) vanhempiansa kanssa.



Itäinen havaintohuone valmistui helmikuussa 1824. Argelander pystytti sinne repetitioympyrän ja aloitti havaintotyöt 23. helmikuuta.

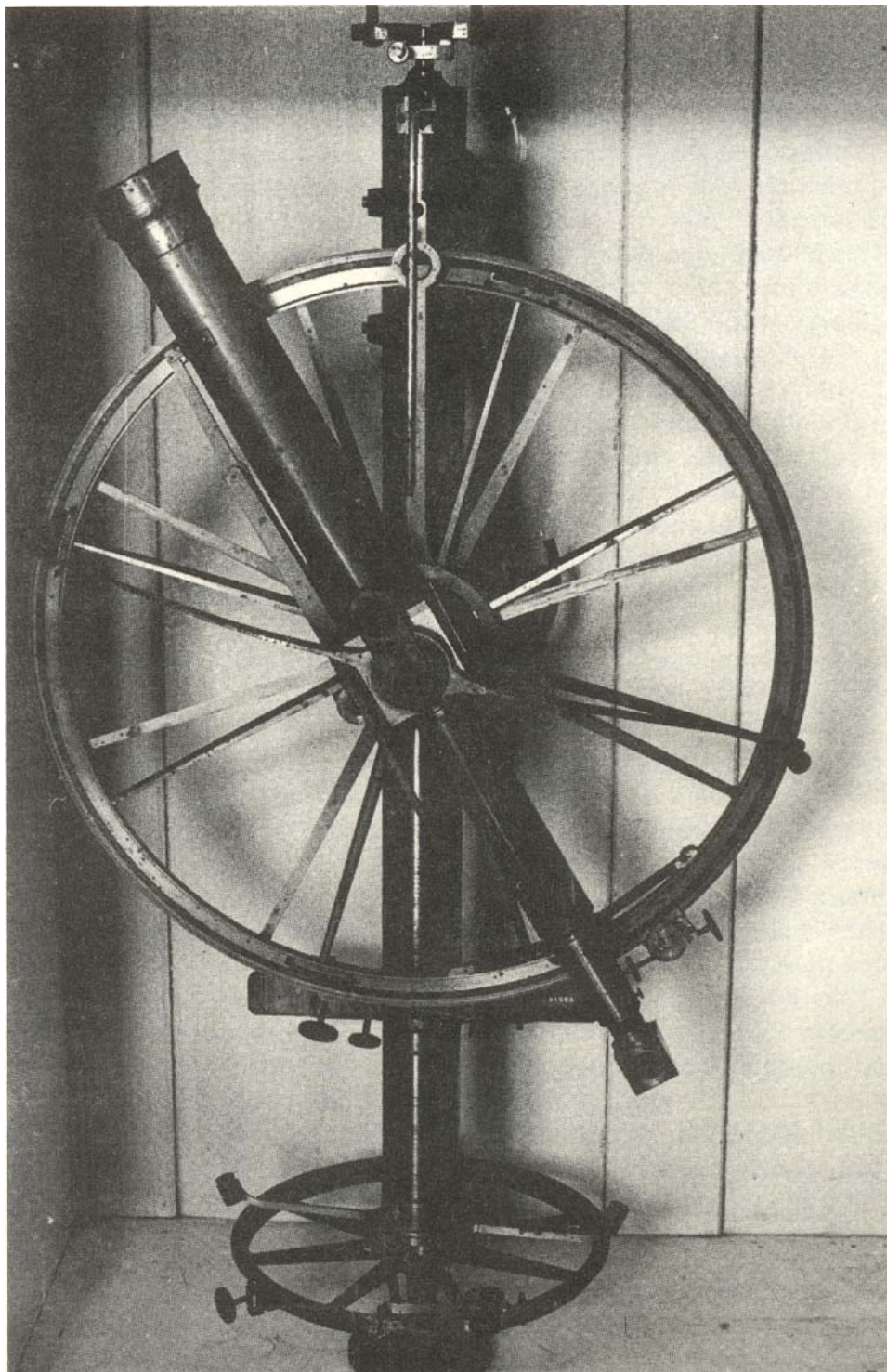
Tähtitieteellisten havaintojen aloittaminen uudessa observatoriossa ja uusilla kojeilla merkitsi luonnollisesti laajoja esitöitä. Oli määrättävä refraktorin käyttäytyminen, havaintokojien ominaisuudet ja niistä aiheutuvat havaintoihin liitettävät korjaukset. Argelander noudatti tarkoin opettajansa Besselin kuvausta, jonka mukaan jokainen astronominen instrumentti rakennetaan kahdesti, ensin tehtaassa, ja toisen kerran sen rakentaa tähtitieteilijä määrätessään sen ominaisuudet. Oheinen yhteenveto Argelanderin havaintopäiväkirjoista Suomen ajalta osoittaa, että hän oli erinomaisen ahkera havaitsija [18].

Taulukko 1: Taulukossa ovat mukana Argelanderin havainnot tähdistä, Auringosta, komeetoista ja revontulista. Hän havaitsi Turussa toukokuuhun 1831, jonka jälkeen hän lähti vuoden virkavapaalle. Ennen marraskuuta 1834 Argelander havaitsi Helsingissä vain siirrettävillä kojeilla sekä revontulia, jota ei ole yllä huomioitu. Taulukossa on havaintopäiviä kaikkiaan 1442.

	1824	1825	1826	1827	1828	1829	1830	1831	1835	1836	1837
tammikuu	6	0	4	4	8	0	13	20	7	9	14
helmikuu	7	3	2	21	15	6	15	11	4	14	5
maaliskuu	16	13	13	18	18	24	14	16	12	14	-
huhtikuu	19	25	10	24	19	21	16	20	11	19	-
toukokuu	13	19	24	20	20	22	26	1	18	23	-
kesäkuu	14	14	21	0	21	13	9	-	19	25	-
heinäkuu	8	8	7	13	13	19	2	-	1	22	-
elokuu	9	14	21	20	14	12	11	-	4	18	-
syyskuu	12	7	0	18	20	5	19	-	10	24	-
lokakuu	11	10	0	17	21	12	18	1834	10	20	-
marraskuu	11	2	16	8	14	4	8	5	16	2	-
joulukuu	2	9	11	8	22	9	5	8	16	16	-
yhteensä	128	134	129	171	205	157	156	1831:68 1834:13	56	206	19

Argelander päätti repetitioympyrällä tekemänsä havaintosarjan tähtien deklinaatioista joulukuussa 1825 ja toimitti redusoidut tulokset painoon vuoden 1827 alussa. Turun palo 4.-5. syyskuuta 1827 tuhosi ladelmat ja viivästytti työn ilmestymisen vuoteen 1830.

Tutkiakseen ohikulkukoneen ominaisuuksia Argelander ryhtyi havaitsemaan sillä samojen tähtien suhteellisia rektaskensioita, joiden deklinaatiot hän oli määrännyt repetitioympyrällä. Hän havaitsi myös komeettojen paikkoja viiden jalan refraktorilla ja heliometrilla, jotka olivat tulleet kesällä 1824.



Kuva 21: Utzschneiderin ja Liebherrin kahden jalan repetitioympyrä, jolla Argelander aloitti työskentelynsä Turussa. (M. Poutanen/Observatorio).

Heinäkuussa 1825 tuli kolmen jalan läpimittainen meridiaaniympyrä, ja Argelander pääsi aloittamaan havainnot sillä vuoden 1827 alussa. Neljä vuotta kestänyt havaintosarja kohdistui erityisesti tähtiin, joilla oli huomattava ominaisliike. Argelander käytti konetta sekä rektaskension että deklinaation määräykseen. Sitä varten hän joutui selvittämään konevakiot ja ominaisuudet vielä monipuolisemmin kuin ohikulkukoneen ja repetitioympyrän tapauksessa.

Vaikka tärkeimmät kojeet tulivatkin ulkomailta, on syytä panna merkille että Suomen talousseuran ensimmäisen sihteerin, professori Karl Christian Böckerin omistama työhuone toimitti observatorioon ainakin ilmapuntarin ja lämpömittareita. Böckerin lämpömittareilla oli kysyntää Suomen ulkopuolellakin [19].

Argelanderin havaintopäiväkirjassa on syyskuun 4. päivän iltana 1827 kello 9 β Aquilae-tähdestä tehdyn havainnon perässä merkintä: "Hier wurden die Beobachtungen durch eine grässliche Feuersbrunst unterbrochen, die Åbo in Asche legte." (Tässä keskeytti havainnot hirveä tulipalo, joka pani Turun tuhaksi.) Syyskuun 8. iltana havaintopäiväkirja jatkuu: "Das allerschönste Nordlicht, was ich je gesehen habe;..." (Kaikkein kauneimmat revontulet, jotka koskaan olen nähnyt;...) [20].

Kun korkealla Vartiovuorenmäellä sijainnut observatorio oli yksi harvoja tuholta säästyneitä rakennuksia, siirtyi Akatemian välttämätön toiminta, kuten konsistorin kokoukset ja rehtorin kanslia, sinne.

Lokakuun 21. päivänä annettiin keisarillinen manifesti, jolla Akatemia määrättiin siirrettäväksi Helsinkiin, joka oli ollut vuodesta 1812 lähtien maan pääkaupunki. Samalla Akatemian nimi muutettiin Keisarilliseksi Aleksanterin yliopistoksi Suomessa.

# Observatorion perustaminen Helsinkiin

## Engelin ja Argelanderin yhteistyö

Siirtoa ryhdyttiin ripeästi toteuttamaan. Argelander kävi marraskuussa 1827 Helsingissä etsimässä observatoriolle sopivaa paikkaa. Kanslerin käskykirjeellä 24. marraskuuta määrättiin observatoriokin siirrettäväksi. Argelander ehdotti siirtokomitealle, jonka puheenjohtajana oli Suomen asiain valtiosihtööri kreivi Robert Rehbinder (1777-1841) ja jäsenenä mm. yliopiston silloinen rehtori Hällström, kaupungin eteläpuolella sijaitsevaa paljasta ja varsin yksinäistä Ulricasborgin vuorta. Komitea yhtyi käsitykseen ja huomautti että rakennuksesta tulisi siinä paikassa myös Helsingin kaupungin mainio koristus. Keisari määräsi 14. tammikuuta 1928, että Ulricasborgin vuorelle Unioninkadun päässä tulee pystyttää astronominen observatorio, vastedes kun yliopiston varat sallivat.

Engel oli 1824 nimitetty Bassin jälkeen intendenttikonttorin päälliköksi. Hänen tehtäväkseen tuli yliopiston uudisrakennusten, myös observatorion suunnittelu. Helmikuussa 1829 Argelander ja Engel sopivat rakennuksen periaatteista. Yhteistyö sujui hyvin. Luonnokset valmistuivat jo huhtikuussa, ja Argelander esitti niistä huomautuksensa.

Nyt observatorioon tuleva instrumenttivarustus, sen käyttötapa ja toiminnan vaatimukset olivat selkeästi tiedossa. Suunnittelun lähtökohtina ovat selvästi olleet käytön sanelemat toiminnalliset vaatimukset ja empire-tyylin asettamat mahdollisuudet niiden täyttämiseksi. Argelanderin ja Engelin perusratkaisun esikuvina voi pitää Göttingenin vuosina 1803-1816 rakennettua, sekä Tarton vuonna 1810 valmistunutta ja vuonna 1823 kääntyvällä tornilla täydennettyä observatoriota. Molemmat ovat sekä pienempiä että yksinkertaisempia. Kummankin pohjana on itä-länsi-suuntainen pitkä rakennus, jonka keskiosan päällä on kääntyvä havaintotorni ja sen sivulla yksi tai useampi pohjois-etelä-suuntainen, rakennuksen poikki kulkeva aukko meridiaanihavaintoja varten.

Helsingin observatoriossa Engel loi toiminnallisesti moitteettoman tähtitornin ja antoi sille muodon jossa kääntyvät tornit ovat arkkitehtonisia

elementtejä.

Itä- länsi-suuntaisen rakennuksen keskusosassa sijaitsivat työhuoneet ja esimiehen asunto. Talon länsipäähän sijoitettiin meridiaanisali. Itäpuolelle tuli luentosali ja amanuenssin asunto. Kolmesta tornista keskimmäinen oli varattu yhdeksän jalan ekvatoriaalille, itäinen heliometrille ja läntinen ko-meetanetsijälle. Rakennuksen lyhyeen eteläsiipeen sijoitettiin vielä meridiaanisalin kaltainen havaintotila, jossa voitiin tehdä itä-länsi-suuntaisia ns. ensivertikaalihavaintoja.

Instrumenttien perustukset rakennettiin huolella. Meridiaaniympyrän, ohikulkukoneen ja repetitioympyrän, sekä kellojen ja kollimointilaitteiden graniittipylväät pystytettiin tiiliperustuksille, jotka massiivisina ulottuivat peruskallioon. Niiden ympärillä kiersi paksu sisempi tiilimuuri, joka toisaalta kantoi lattiaa, toisaalta hidasti perustusten lämpötilanmuutoksia. Uloimpana kiersi rakennuksen ulkoseinän perusmuuri. Havaintosalien lattia ei missään koskettanut pylväisiin tai instrumenttiperustuksiin, jottei askelten tärinä siirtynyt havaintokojeisiin.

Päärakennuksen pohjoista eli kaupunginpuoleista pihaa rajoittivat muuri ja matalat siipirakennukset, joihin sijoitettiin vaunuvaja, pesutupa, talli, navetta, käymälät jne.

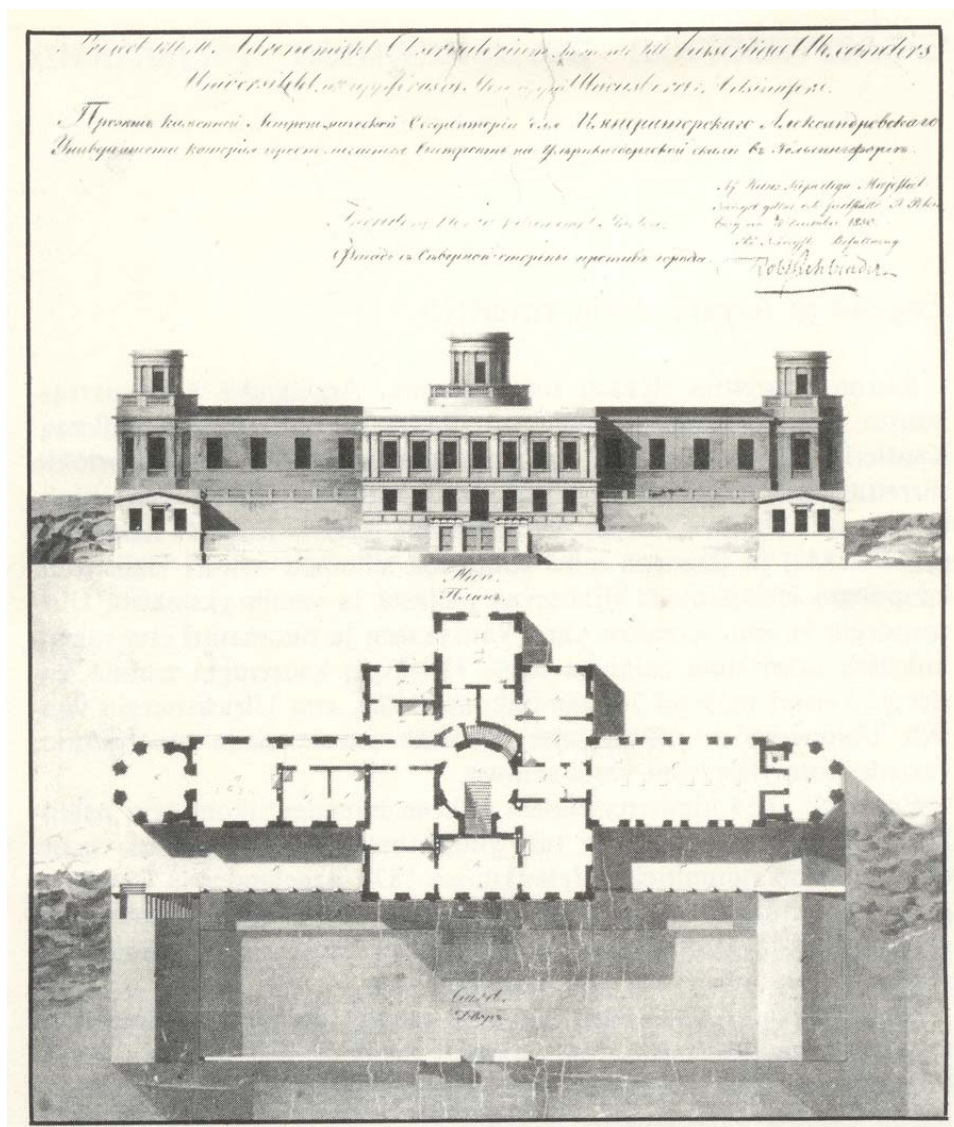
Anglander kävi Helsingissä lokakuussa 1829 ja määräsi tulevan observatorion sijoittamista varten meridiaanin. Engel toimitti 2. joulukuuta 1829 piirustukset ja kustannusarvion. Mukana seuranneessa kirjeessä Engel esitti konsistorille suunnitelmassa noudattamansa kolme keskeistä periaatetta [1].

Ensinnäkin rakennuksen hallitseva sijainti kukkulan laella ja Unioninkadun, kaupungin pääakselin eteläpäässä merkitsi, että sen tuli olla kaupungin kaunistus.

Toinen periaate johtui havaintotoiminnan asettamista vaatimuksista. Observatorion tärkeimmässä havaintotilassa, meridiaanisalissa tehtäviä töitä varten tarvittiin kauas maastoon pystytetty kiintopistemerkki eli miiri. Kun eteläsuunnassa oli kyllin etäällä vain matalia luotoja, rakennettiin miiri pohjoispuolelle Vallilaan. Meridiaanisalista miiriin tarvittiin esteetön näköala. Jotta jo valmistunut ortodoksinen Pyhän Kolminaisuuden kirkko ja suunniteltu Nikolainkirkko eivät olisi estäneet näkyvyyttä, meridiaanisali oli sijoitettava observatoriorakennuksen länsipäähän, vaikka maasto oli siellä vaikeampi kuin itäpuolella. Salin ja instrumenttien perustukset jouduttiin länsipuolella rakentamaan myös useita metrejä korkeammiksi kuin talon toisessa päässä olisi tarvittu.

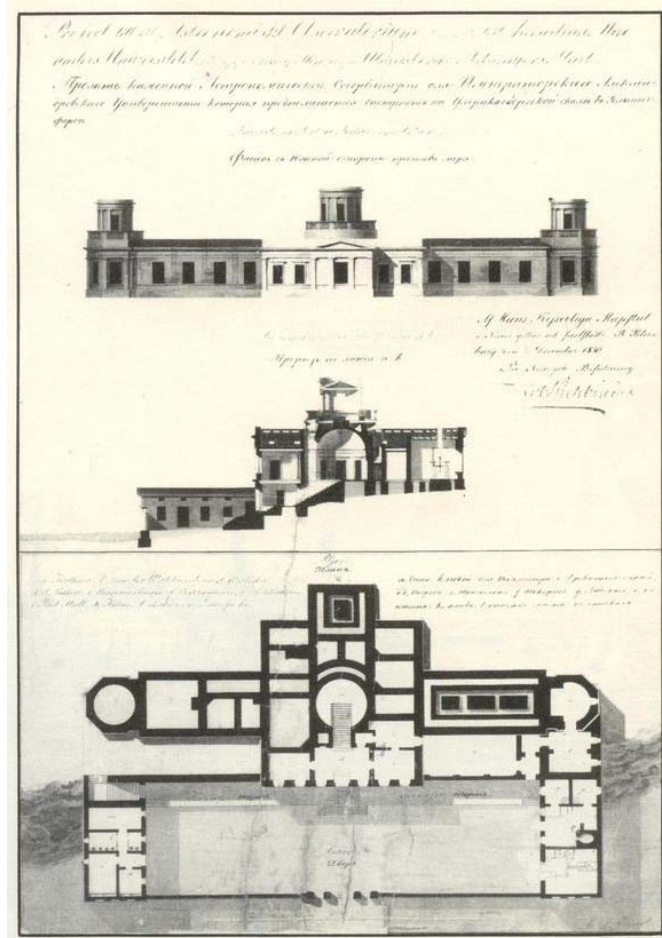
Kolmanneksi Engel halusi sijoittaa henkilökunnan asunnot observatorioon. Jos olisi suunniteltu erillinen asuinrakennus, olisi uhrattu "ei yksin kaikkia mukavuuksia, vaan myös symmetria, maku ja arkkitehtoninen kauneus".

Kustannukset Engel arvioi 153728 ruplaksi 55 kopeekaksi. Suunnitelmat vahvistettiin Pietarissa vasta 15. joulukuuta 1830. Urakka- huutokauppa pidettiin 25. tammikuuta 1831. Kirjanpitäjä Ivan Korastileff sai urakan 117

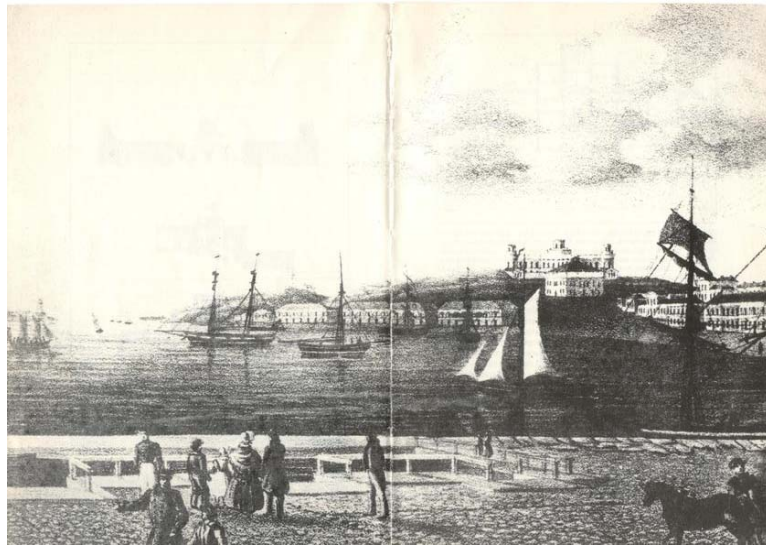


Kuva 22: Engelin suunnitelma Helsingin observatorioksi 1829, julkisivu pohjoiseen ja toisen kerroksen pohjapiirros (Helsingin yliopisto)

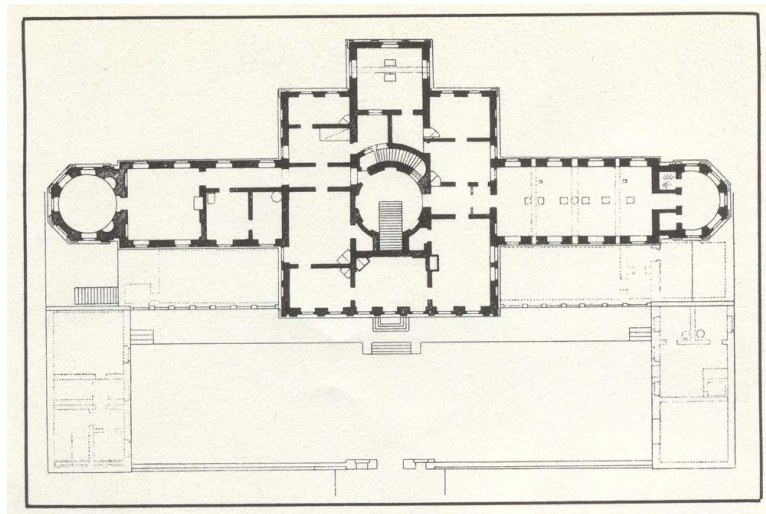




Kuva 23: Engelin Helsingin observatoriosuunnitelma, julkisivu etelään, pohjois-eteläsuuntainen leikkaus, jossa ensivertikaali ja itä-länsisuuntaisia havaintoja varten tarkoitettu kone näkyy, sekä pohjakerroksen pohjakaava. Pohjapiirustuksesta näkyvät meridiaani- ja ensivertikaalisalin kiinteiden kotteiden perustat ja lattiaa kannattava välimuuri. Suunnitelmaa ei toteutettu alkuperäisessä muodossaan. Pohjoisen julkisivun tasanteita ja balustradeja ei rakennettu, vaan tilojen päällä on vino vesikatto. Myös pohjoisen pihan kaakkoiskulmasta talon toiselle puolelle vievät portaat rakennettiin eri tavalla kuin piirustuksessa. Pohjapiirroksissa etelä ylhäällä. (Helsingin yliopisto)

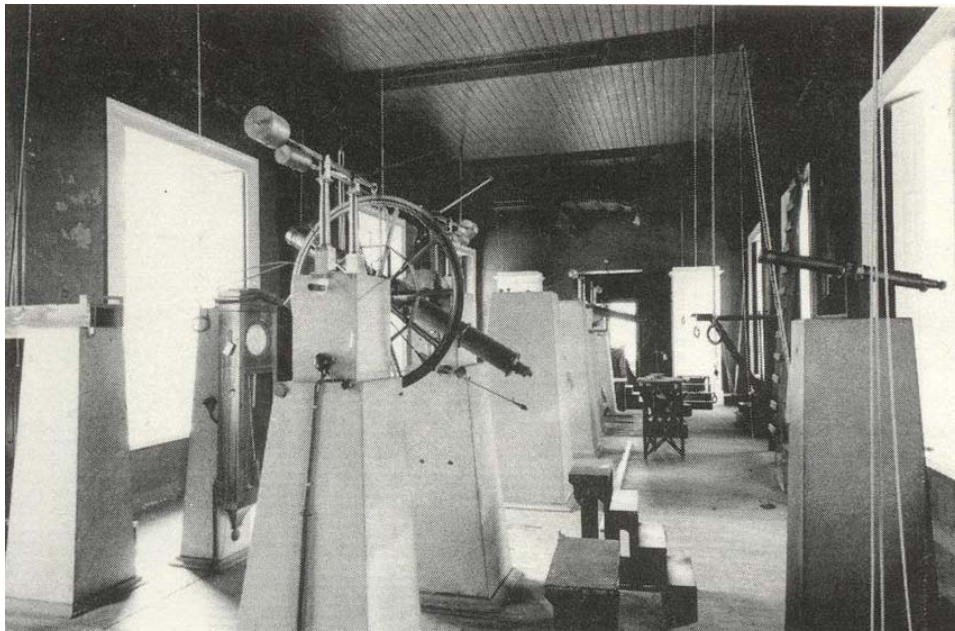


Kuva 24: Uusi observatorio hallitsi kaupungin eteläosia ja näkyi hyvin satamaan ja Kauppatorille. Observatorion edessä valtion viljamakasiini (Fr. Tengströmin kivipiirros vuodelta 1838, Observatorio).

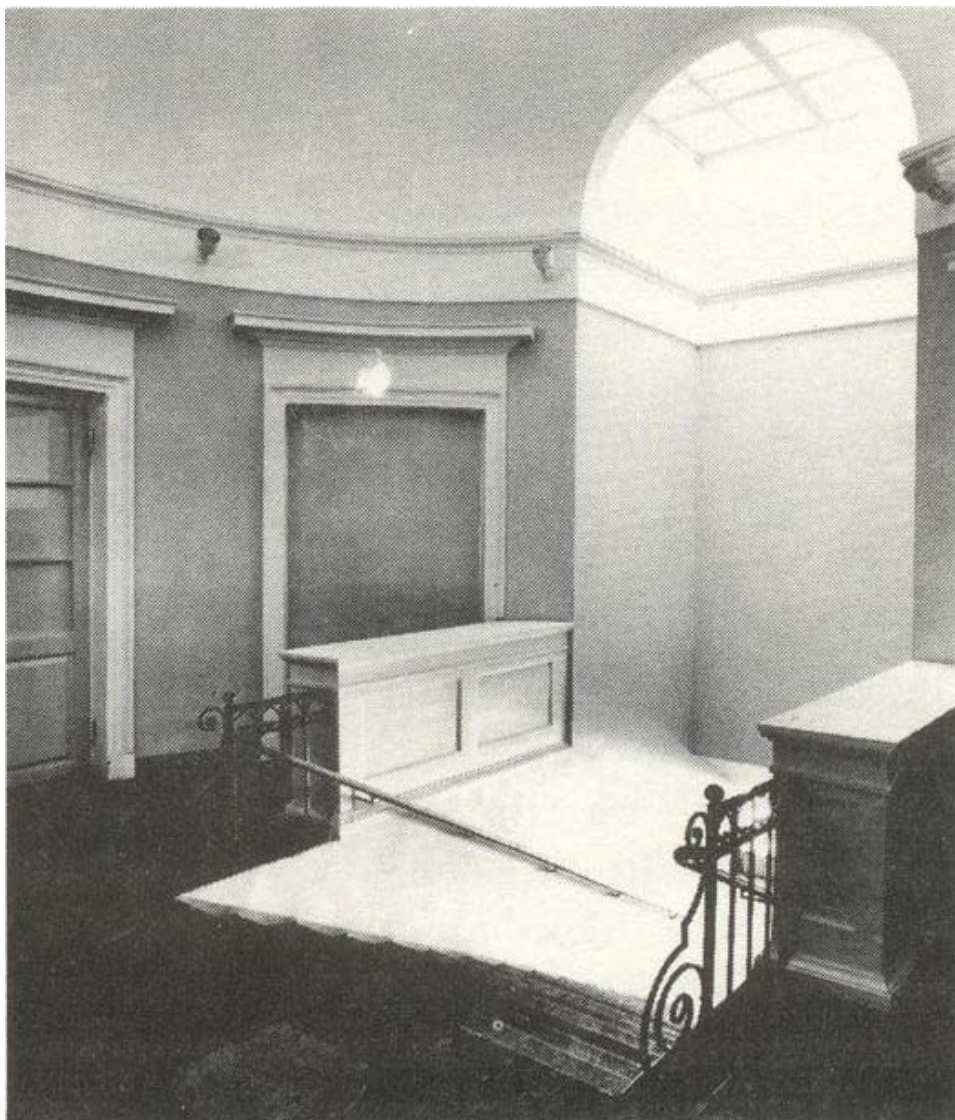


Kuva 25: Helsingin observatorion toisen kerroksen pohjapiirros. Läntisen meridiaanialin ja eteläisen ensivertikaalihuoneen kivipylväät kannattivat kiinteästi pystytettyjä kojeita, ohikulkukonetta, meridiaaniympyrää ja repetitioympyrää. Prefektin eli esimiehen asunto sijaitsi keskusosan pohjoisen puoleisissa huoneissa. Lounaiskulmassa olivat työhuoneet. Amanuenssin asunto oli itäiseen luentosaliin johtavan käytävän varrella. Etelä ylhäällä. (Observatorio)

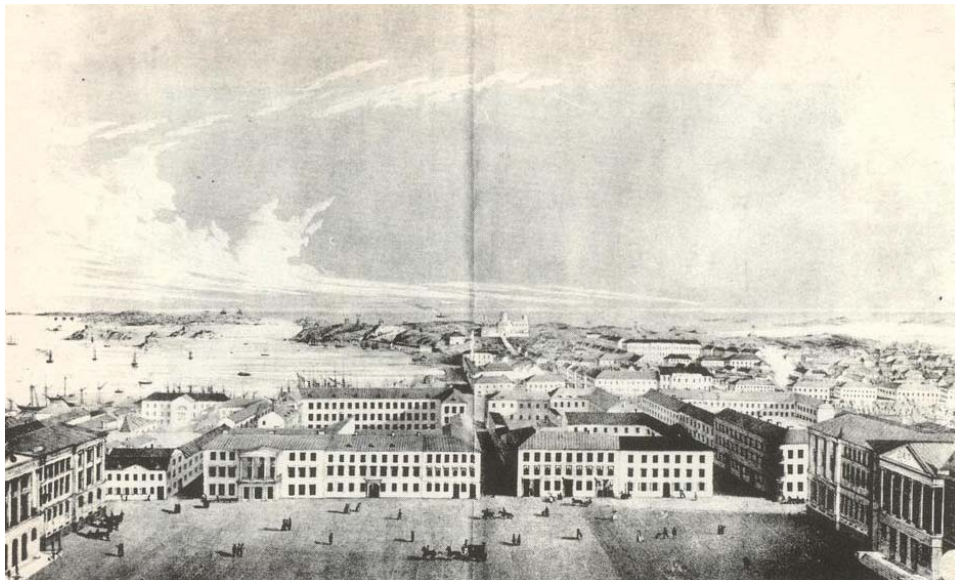




Kuva 26: Näkymä meridiaanisalin ovelta länteen. Keskelle pystytettyjen kokeiden lisäksi tarvittiin kiinteästi asennettuja kohdistuslaitteita ja heilurikelloja. Köysien avulla avattiin katon ja seinien luukut havaintoja varten. Havaintojen aikana salissa täytyy olla sama lämpötila kuin ulkona. Uuneilla on lämmitetty vain tilapäisesti, asennus- ja huoltotöiden aikana. (Valok. Kari Hakli / Rakennustaiteen museo)



Kuva 27: Observatorion toisen kerroksen porrasaula pohjoisen pääoven portaiden suuntaan. (Valok. Kari Hakli / Rakennustaiteen museo)



Kuva 28: Näkymä 1830-52 rakennetun Nikolainkirkon tornista etelään Observatoriota kohti. (W. Swertschkoffin kivipiirros vuodelta 1843)

600 ruplasta. Hinta tuli siis lähes neljänneksen arvioitua halvemmaksi. Sopimuksen mukaan perustusten ja seinien tuli valmistua vuoden 1831 kuluessa. Seuraavan vuoden aikana oli katon sekä sisä- ja ulkorappauksen määrä tulla valmiiksi ja sisätöiden alkaa. Loppukatselmus sovittiin pidettäväksi 15. syyskuuta 1833.

Työ aloitettiin välittömästi. Vuoden 1832 alkuun työ edistyi hyvin, mutta sitten tuli vaikeuksia, jopa pysähdyksiä. Haittaa aiheutti ammattityövoiman ja materiaalin pula. Muun muassa samanaikaisesti jatkunut Turun jälleenrakentaminen synnytti tuntuvan tiilipulan. Elokuussa 1833 ankarat sateet hidastivat työtä.

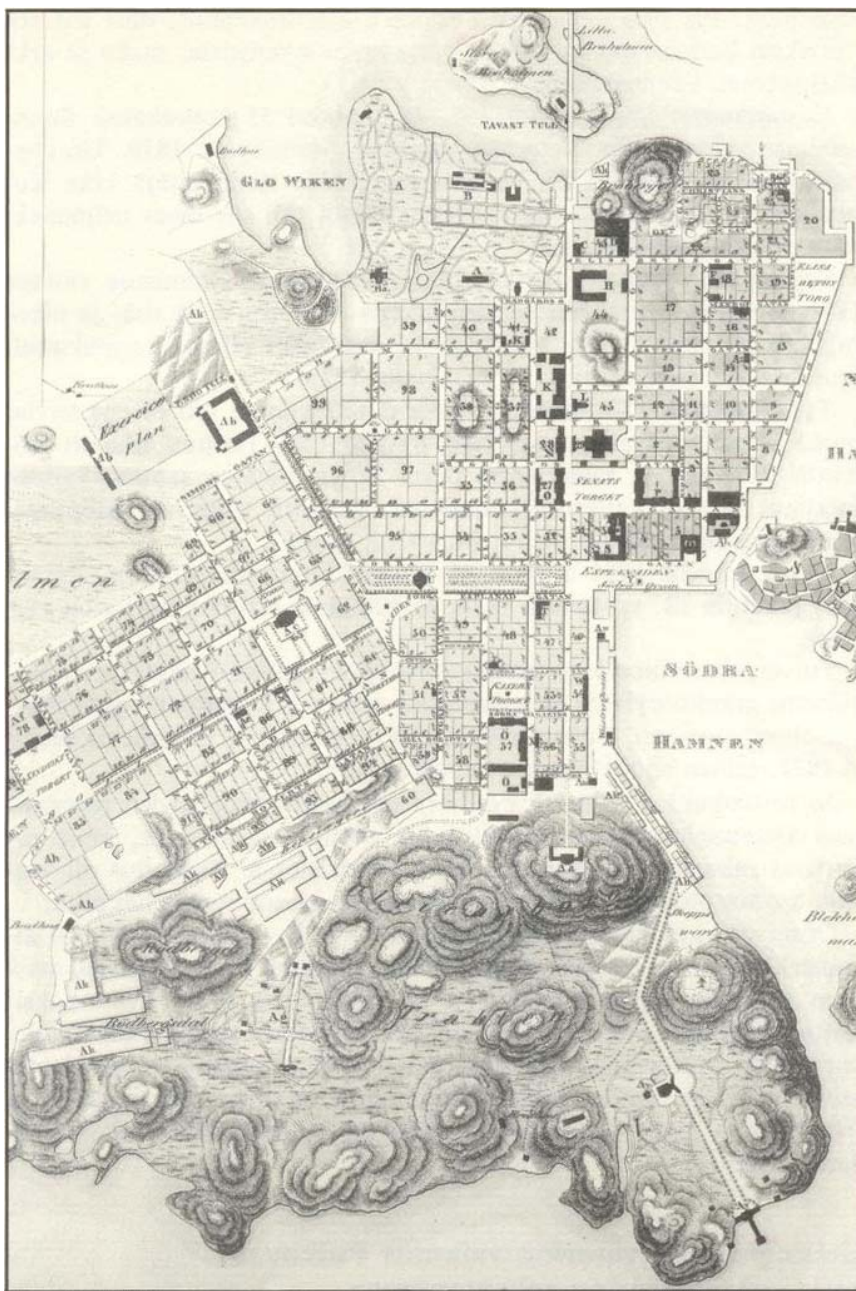
Vasta syksyllä 1834 urakoitsija ilmoitti työn valmistuneen. Katselmus pidettiin 12. syyskuuta 1834, ja Yliopisto otti observatorion vastaan.

Turun observatoriosta tuotiin havaintokoneiden pystytykseen tarkoitetut graniittipylväät ja asennettiin uusien kera paikoilleen Helsingin observatorioon. Turun observatorio luovutettiin valtiolle jo kesällä 1831. Siihen sijoitettiin merenkulkukoulu.

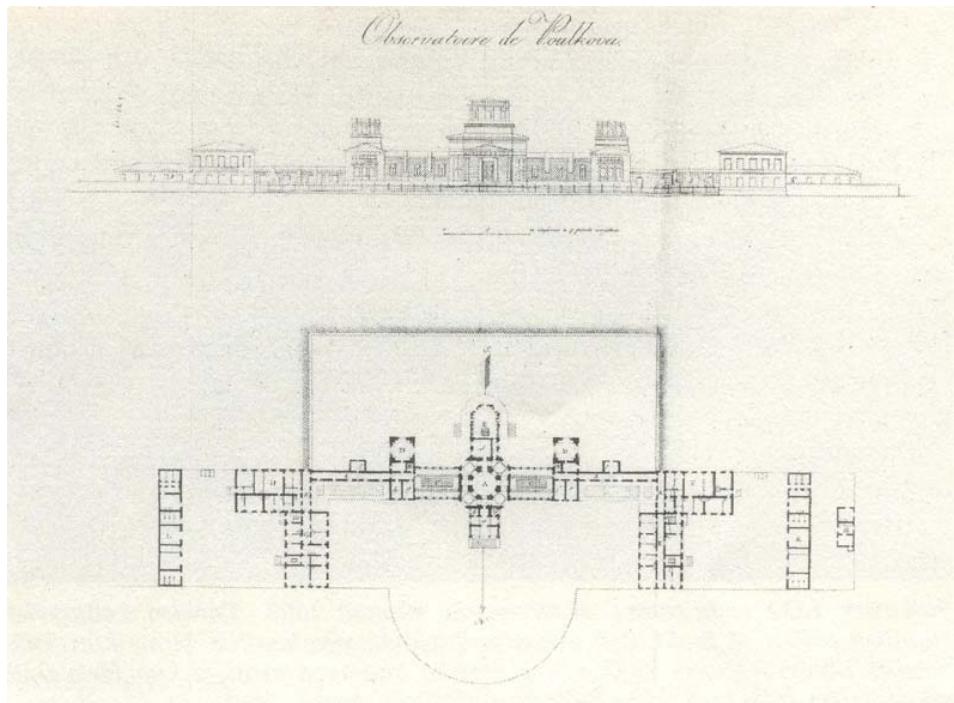
Jo toukokuussa 1831 oli ryhdytty toimenpiteisiin, joiden seurauksena kaupungin rakennusjärjestykseen otettiin määräykset, jotka rajoittivat rakentamisen observatorion ympäristössä. Tarkoitus oli varjella havaintotoimintaa ennen muuta savun aiheuttamilta haitoilta.

Observatorion keskimmäisen tornin huipulle pystytettiin masto aika-merkkipalvelua varten. Viisi minuuttia ennen puolta päivää mastoon vedettiin öljykangaspussi ja se pudotettiin tasan kello kaksitoista. Korkealta,





Kuva 29: C. W. Gyldeénin laatima Helsingin kartta vuodelta 1838. Observatorio sijaitsi rakennetun kaupungin etelälaidalla (kartassa merkintä Aa), ja se kuului Helsingin huomattavimpiin rakennuksiin. (Näköispainos 1983, Maanmittaushallituksen karttapaino)



Kuva 30: A.P. Brjullovin (1798-1877) suunnitelma Nikolain keskusobservatoriksi Pulkovaan. Havaintotilojen järjestely seuraa Helsingin esikuvaa.

puuttomalta kukkulalta merkki näkyi kaupungillekin hyvin, mutta ennen kaikkea sen avulla satamassa olevat laivat saivat tarkistaa kronometrinsa. Aikamerkkiin liittyi ainakin 1870 ja -80 -luvuilla myös Katajanokan kanavan rannalta ammuttu kanuunanlaukaus [2].

## Helsingin observatorion vaikutus Pulkovan keskusobservatorion rakentamiseen

Venäjän keisarillisen tiedeakatemian observatorio toimi Pietarissa akatemiatalon tornissa. Se oli auttamatta vanhentunut ja puutteellisesti varustettu, eikä ollut mahdollista tai edes tarkoituksenmukaista ryhtyä sitä samalla paikalla laajentamaan.

Aleksanteri I (keisarina 1801-1825) ja Nikolai I (keisarina 1825- 1855) perustivat useita observatorioita. Tarton yliopiston observatorio valmistui 1810, Kasanin 1814, Turun 1819, Varsovan 1824 ja Helsingin 1834.

Vuonna 1833 Nikolai I antoi määräyksen valtakunnan pääobservatorion perustamisesta Pietarin eteläpuolelle Pulkovaan. Arkkitehtina toimi Aleksandr Brjullof (1798-1877) ja asiantuntevaksi tähtitieteilijäksi kutsuttiin Tarton observatorion johtaja Wilhelm Struve.



Kuva 31: Pulkovan 1839 valmistunut observatorio vuonna 1889. Tornien kääntyvien kupolien mallia ja luukkujen avausjärjestelmää noudatettiin mm., kun Tukholman observatorioon 1875-1877 lisättiin kääntyvä torni ja kun Helsinkiin rakennettiin 1889 uusi torni kaksoisrefraktoria varten. Pulkovan observatorio tuhoutui toisessa maailmansodassa lähes tyystin. Kun se rakennettiin sodan jälkeen uudelleen, lieriömäiset kupolit korvattiin puolipallonmuotoisilla. (Valok. W. Clasen julkaisussa O. Struve 1889)

Vuonna 1833 Engel lähetti Struven pyynnöstä hänelle Helsingin observatorion piirustukset [3]. Pulkovan Nikolain keskusobservatorion rakennustyöt aloitettiin 1835, ja se valmistui 1839. Struvesta tuli sen ensimmäinen johtaja.

Pulkovan observatoriossa käytettiin mallina Helsingin observatoriota. Havainto- ja työtilojen sijoittelu pitkässä itä-länsi-suuntaisessa empirerakennuksessa noudattaa tarkasti Helsingin esikuvaa. Kolme kääntyvää, lieriömäistä kupolia, meridiaanisalit ja ensivertikaalisali on asetettu samojen periaatteiden mukaan. Nikolain keskusobservatorio sijaitsi kaupunkikuvallisestikin samaan tapaan vaikuttavasti kuin Helsingissä. Pietarin keskustasta keisarin kesäpalatsiin johtava valtatie vei aluksi hyvän matkaa kohti Pulkovan kukkulalla sijaitsevaa observatoriota ja kääntyi sitten ohittamaan sen.

## Turun luettelo

Helsingin observatorion suunnittelun ja rakentamisen alun ajan Argelander jatkoi työtään Turussa ja toimi siellä yliopiston edunvalvojana sen muuton aikana.

Vuoden 1828 uusissa yliopistostatuuteissa observaattorin virka muutet-

tiin tähtitieteen varsinaisen professorin viraksi. Hällström oli jälleen ajanut asiaa ponnekkaasti, ilmeisesti varmistaakseen Argelanderin pysymisen Suomessa [4]. Argelander nimitettiin hakemuksetta viran ensimmäiseksi haltijaksi 10.12.1828.

Argelander julkaisi Turussa tekemänsä havainnot viisiosaisena sarjana [5]. Ensimmäinen osa, joka ilmestyi 1830, sisältää repetitioympyrällä 23. helmikuuta 1824 -10. joulukuuta 1825 tehdyt havainnot sekä komeettojen paikkahavainnot, joiden suorittamiseen Argelander käytti vanhaa Dollondin kaukoputkea, Fraunhoferin viiden jalan refraktoria tai heliometria. Kun ainoassakaan kolmesta viimeksimmäisestä kojeesta ei ollut kellokoneistoa, käytettiin havaintoihin rengasmikrometria. Julkaisu sisältää myös Kuun aiheuttamien tähdenpeittojen sekä Jupiterin ja sen kuiden peittymisten havainnot.

Sarjan toinen osa ilmestyi 1831. Se antaa ohikulkukoneella tehdyt havainnot vuoden 1826 maaliskuusta seuraavaan helmikuuhun ja meridiaaniympyrähavainnot siitä vuoden 1827 loppuun. Argelander julkaisi myös vuoden 1826 komeettahavaintonsa tässä osassa.

Kolmas osa, joka ilmestyi 1832, antaa vuoden 1828 meridiaaniympyrähavainnot. Argelander jatkoi erityisesti sirkumpolaari-tähtihavainnot, havaitsi Auringon jokaisena selkeänä päivänä ja lisäsi usein Kuuta ja planeettoja.

Havaintojulkaisun neljäs ja viides osa painettiin, mutta niitä ei toimitettu jakeluun, koska esipuhe puuttui. Edellinen osa sisältää vuoden 1829 havainnot, toinen havainnot seuraavan vuoden alusta vuoden 1831 toukokuuhun. Töidensä valmiita tuloksia Argelander julkaisi ahkerasti *Astronomische Nachrichten*issa.

Turussa Argelander valmisti myös osuutensa kansainvälisenä yhteistyönä laaditusta tähtikartasta. Preussin tiedeakatemia oli Besselin aloitteesta ryhtynyt tekemään tähtikarttaa, joka kuvasi taivaanvyöhykkeen 15 asteen leveydeltä ekvaattorin kummankin puolen. Yhdellä lehdellä esitettiin tunnin eli 15° pituinen kaista, ja heikoimpien tähtien suuruusluokka oli noin yhdeksän. Argelander laati kartan alueesta, jonka rektaskensio ulottui 22. tunnista 23. tuntiin [6].

Argelander päätti havaintotyöt Turussa toukokuussa 1831, ja koneet pakattiin Helsinkiin siirtoa varten. Argelanderille myönnettiin vuoden virkavapaus, ja hän matkusti Preussiin. Kesällä 1832 hän asettui Helsinkiin, aluksi vuokra-asuntoon Kasarmitorin laidalle, koska uusi observatorio ei ollut vielä valmis.

Havaintotyöt käynnistyivät meridiaaniympyrällä marraskuussa 1834, ja Argelander jatkoi niitä helmikuuhun 1837. Vuonna 1835 saapui vihdoinkin yhdeksän jalan refraktori, joka pystytettiin keskitorniin. Seuraavana vuonna pietarilainen Hauth toimitti heilurikellon, jota sitten lähes sadan vuoden ajan käytettiin meridiaaniympyrän yhteydessä.

Turussa meridiaaniympyrällä tekemiensä havaintojen pääosan perusteella Argelander valmisti tähtiluettelon ”*DLX stellarum fixarum positiones me-*

diae ineunte anno 1830”, josta käytetään myös nimitystä "Catalogus Aboensis". Teos ilmestyi Helsingissä vuonna 1835 [7].

Argelander kokosi ja muokkasi luetteloon vuosien 1827-1831 havainnot tähdistä, joiden ominaisliike oli vähintään kaarisekunnin viidesosa vuodessa. Erinomaisen ja huolellisesti tutkitun instrumentin sekä taitavasti tehdyn havaintotyön ansiosta Argelander saavutti aikaisempia luetteloita paljon paremman tarkkuuden. Tähdet havaittiin yleensä vähintään kahdeksan kertaa, jotkut jopa pari sataa kertaa. Kun meridiaaniympyrä pienten asentovirheidensä eliminoimiseksi käännettiin niin, että sen vaakasuoran akselin itä- ja länsipää vaihtoivat paikkaa, ja havainnot toistettiin uudessa asennossa, kertyi havaintoja kaikkiaan yli kymmenen tuhatta.

Luettelossa annettiin 560 tähden vuoden 1830 alkuketken palautetut koordinaatit, eli rektaskensio ja deklinaatio sekä prekession ja sekulaarivariaation vaikutus molempiin koordinaatteihin. Erikoisen huolellisesti Argelander oli määrännyt ominaisliikkeet, jotka hän antoi rektaskensiossa aikasekunnin kymmenestuhannesosan, deklinaatiossa kaarisekunnin tuhannesosan tarkkuudella vuotta kohti.

Ominaisliikkeiden johtaminen sinänsä oli suuri työ. Sen tekemiseksi oli tutkittava aikaisemmin julkaistujen luetteloiden menetelmät ja niiden systemaattiset erot. Vasta kun ne oli saatettu samaan järjestelmään kuin Turun luettelo, voitiin ominaisliikkeet, tähtien verkkaiset paikanmuutokset taivaalla määrätä. Ominaisliikkeen määrittämiseksi täytyy tähden paikka havaita vähintään kahtena ajanhetkenä, jotka ovat mahdollisimman kaukana toisistaan, tavallisesti usean vuosikymmenen päässä. Argelander käytti ensimmäisen ajankohdan paikkoina pääasiassa englantilaisen James Bradley'n (1693-1762) Greenwichin observatoriossa tekemiä havaintoja, jotka Bessel oli muokannut ja julkaissut vuonna 1818 [8]. Nämäkin julkaistut arvot Argelander korjasi uudemmillä ja paremmilla prekessio- ja nutaatiotermeillä.

Catalogus Aboensis loi Argelanderin maineen yhtenä aikakauden arvostetuimmista havaitsevista tähtitieteilijöistä. Hän omisti luettelonsa G. G. Hällströmille, P. A. von Bonsdorffille (1791-1839) ja N. G. af Schultenille [9].

## Aurinkokunnan liikkeen suunta

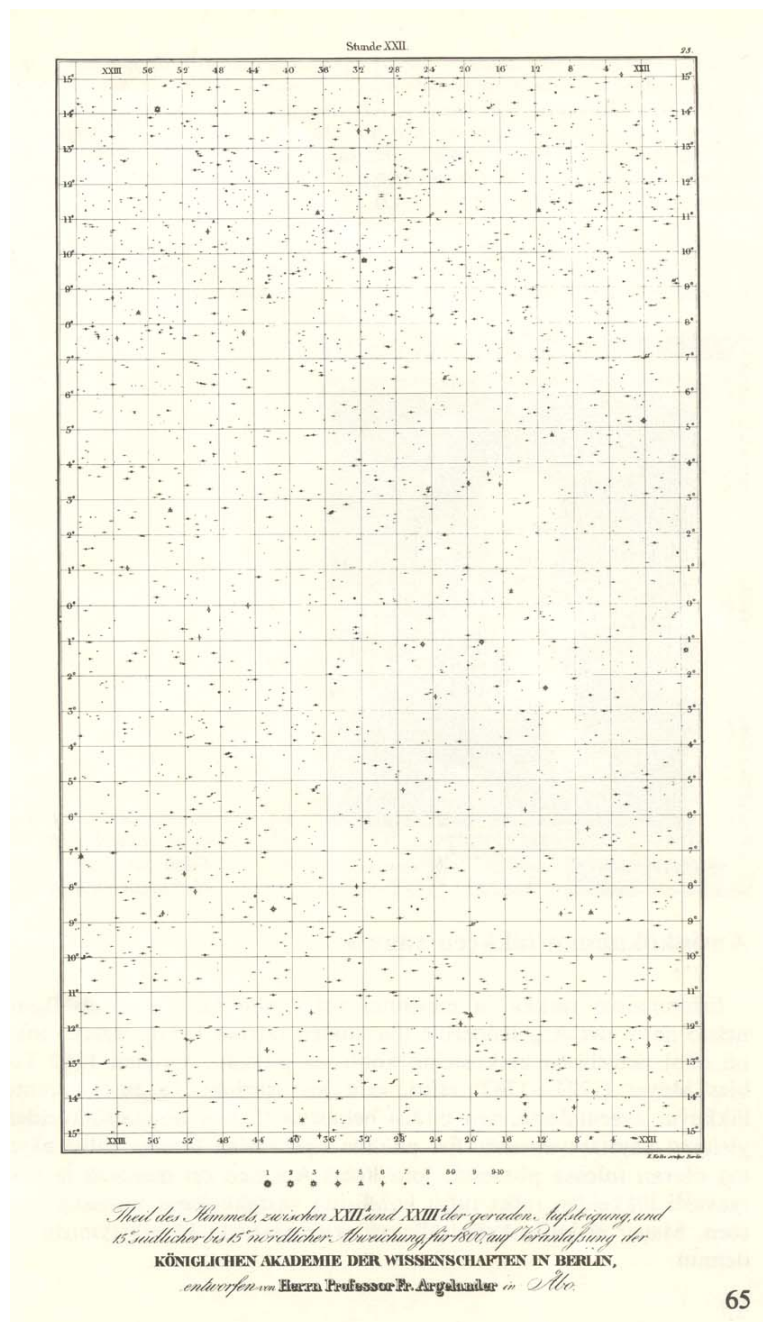
Erinomaisen tarkka ja ennennäkemättömän laaja ominaisliikeaineisto antoi nyt Argelanderille tilaisuuden tarttua kysymykseen, joka oli ollut tieteellisen keskustelun kohteena pitkään. Vuonna 1760 Tobias Mayer (1723-1762) esitti, että jos Aurinko ja aurinkokunta liikkuvat avaruudessa, sen pitäisi heijastua tähtien ominaisliikkeiden yleisenä käyttäytymisenä. Eri puolilla sijaitsevien tähtien tulisi näyttää olevan tulossa pisteestä, jota kohti Aurinko on menossa ja vastaavasti liikkeiden tulisi kohdistua vastakkaiseen taivaanpisteeseen. Mayer ei kuitenkaan tällaista systemaattista käyttäytymistä todennut.



SEPTEMBER 1827.																								
Dies	Siderum nomina.	Appulus ad fila					Medium pro filo medio.	Correctio instru-menti.		Indices	Li-bella.				Baro-metr.	Thermom.		Indium medium correctum.	Re-fract.	Red. in Mer.	Annotations.			
		i.	ii.	iii.	iv.	v.		h.	i.		ii.	iii.	iv.	inter.		exter.								
4	Hic observationes terribili illo interceptae sunt incendio, quod totam fere urbem ad cineres reduxit, observatorium vero, gratias habebantur Deo O. M., saluum intactumque reliquit.																							
9	α Aurigae	47.6	7.6	35.4	5.5	33.8	5 4 36.39	-0.04	-36.89	55 35 33 32 32	-4.35							76 55 29.4	15.1		Alh. pos. corr. (58			
	β Orionis		7.6	28.0	48.7		46 28.07	+0.02	-36.91	30								38 30						
	γ Aurigae			31.2	59.9	27.5	47 31.20	-0.04		1 59 56 54 55	+1.0							76 1 56.8	16.1					
	δ Draconis	sp.				18.3	53 14.02	+0.05		33 14 9 9 13	-0.55	335.95	11.1	51.0				159 33 11.7	2 22.4	+ 0.2 v.				
	ε Aurigae		15.4	37.9	1.4	24.7	47.0			40 23 19 15 17	+1.05							60 40 19.4	34.7	+ 0.2 iv.				
	ζ Ursae min. sp.	21.5	51.0	31.5	15.0		6 5 1.32	-0.01		30 29 22 24 28	+1.4							124 30 26.9		+ 14.2 17 30	(57			
							28 32.24			38 31 33 34	+1.35							30 35.1		+ 6.3 21 13				
										41 35 38 42	+1.6	335.93	11.6	52.6				30 40.3	37.5	+ 1.6 24 54 +0.07				
										41 36 38 42	+1.4							30 40.4		+ 2.0 32 39				
										28 21 24 27	+1.5							30 26.2		+ 17.3 40 44				
	δ Draconis	sp.	15.5	8.3	1.2	52.2	7 13 8.30	+0.11		43 38 31 34 38	+1.55	335.98	12.1	54.0				143 43 36.5	1 14.0		6° 40' - 35' 984(5)			
	α Geminor.	pr.	48.0	11.9	36.0	69.2	24 12.02	-0.02	-37.03	22 36 32 51 32	+0.7							63 22 33.3	30.8					
	β Geminor.	seq.	25.2				24 12.50	-0.01		22								63 22						
	γ Canis min.		13.0	33.0	53.6	14.0	33.8		-36.98	47 43 38 36 38	+0.5						54.9	36 47 39.2	1 21.2		excl. filo l.			
	δ Geminorum		36.6	59.1	22.6	45.7	7.9	35 22.53	-0.01	-37.44	38 23 17 16 17	+1.85						59 33 19.4	35.9					
	ε Ursae maj.		4.7	45.9	28.2	10.5	51.2	8 16 28.17	-0.08	23 35 33 32 53	+0.95							92 23 34.0	0.8		(56.1			
10	Solis Limb. I.						1.8	11 11 21.02	+0.02		2 41	36	-0.15	335.97	14.4	59.1	35 2 38.4	1 22.9	0.0	12 34 L. A.	(54.9			
	Limb. II.						10.0	13 29.57	+0.02															
	Axis Occidentalis altior verso obiectivo ad Austrum 3.16 Lin. = 3° 13 L. B. = 59.9 Lin. ad Boream 3.65 — = 3.65 — = 61.6 — filum medium 1° 8 a signo ad Orientem, et transposito instrumento, ita ut Circulus sit ad Occidentem, 4° 5 ad Occidentem. tum axis Orientalis altior verso obiectivo ad Austrum 0.22 Lin. = 2° 22 L. B. = 32.8 Lin. ad Boream 0.11 — = 0.11 — = 63.6 —																							
12	Filum medium 3° 8 a signo ad Occidentem: satis bene.																							
	δ Ursae min. sp.	152.0					1 6 28 34.82			36 54 51 48 48	+0.2							58 36 50.4		7.5	20 36 inter			

Kuva 32: Sivu Argelanderin havaintojulkaisusta "Observationes Aboensis". Syyskuun 4. päivän 1827 havainnot päättyvät Turun paloa koskevaan merkintään. Havainnot jatkuvat syyskuun 9. päivänä alfa Aurigaen eli Capellan havainnoilla. Seuraavana päivänä on havaittu Auringon molempien reunojen ohikulkuhetket eteläisessä meridiaanissa ja havaittu myös pohjoista ja eteläistä meridiaanimerkkiä. Sarakkeet vasemmalta: päivä, tähden nimi, sekunnit ajanhetkistä, jolloin tähti ohittaa polttotasossa olevat pystylangat, edellisistä saatu keskilangan ohitushetki, instrumentti- ja kellokorjaus, meridiaaniympyrän lukemat neljällä mikroskoopilla, vesivaa'an ja ilmapuntarin lukemat, sisä- ja ulkolämpötilat, edellisten avulla laskettu tähden korkeus eteläisestä tai pohjoisesta horisontista, meridiaanikorjaus ja huomautuksia. (Argelander 1831, s. 110)





Kuva 34: Argelanderin Turussa valmistama osa Preussin tiedeakatemian tähtikarttaa varten. Kartta ulottuu 15° päiväntasaajan molemmin puolin, ja joka lehdellä esitetään yhden rektaskensiotunnin levyinen kaista. (Observatorio)



Kuva 35: Argelanderin muotokuva vuodelta 1837. (Maalaus Peter Mazér, Helsingin yliopisto)

men ryhmän ominaisliikkeiden perusteella erikseen aurinkokunnan liikkeen suunnan ja sai keskenään hyvin yhteensopivat tulokset. Kysymys aurinkokunnan liikkeestä sai kiistattoman ratkaisun, ja Argelanderin määräämä liikkeen suunta taivaalla, ns. apeksin paikka on sopusoinnussa myöhempien määräysten kanssa. Argelanderin saamat apeksin koordinaatit olivat: rektaskensio  $259^{\circ}47,6' \pm 3^{\circ}27,6'$  ja deklinaatio  $+32^{\circ}29,5' \pm 2^{\circ}19,6'$ . Paikka pätee vuoden 1792 puolivälissä. Prekessio muuttaa koordinaatteja ajan mukana [10].

## Argelander siirtyy Bonniin

Bonnin yliopistossa vapautui keväällä 1836 tähtitieteen professuuri. Napoleonin kukistumisen ja Wienin kongressin jälkeen 1815 Preussin kuningaskunnan merkitys kasvoi nopeasti ja se kehittyi myös sisäisesti monin tavoin. Königsbergin observatorio oli valmistunut Besselin johdolla 1813, ja Berliiniin oli rakennettu uusi tähtitorni 1835. Kuningaskunnan länsiosassa ei ollut ainoatakaan nykyaikaista observatoriota. Sellaista alettiin nyt puuhata.

Argelander oli jo maineikas ja kokenut tähtitieteilijä, ja hänet kutsuttiinkin professoriksi Bonniin ja huolehtimaan uuden observatorion perustamisesta [11]. Argelander pyysi 14. tammikuuta 1837 eron, jonka kansleri myönsi 1. helmikuuta. Argelander jatkoi havaintojen tekoa 8. helmikuuta asti. Konsistori valitti syvästi Argelanderin lähtöä.

Suomessa työskennellessään Argelander kohosi yhdeksi aikansa tähtitieteen johtavista hahmoista. Ansionsa hän loi kyvykkyydellään ja määrätietoisella ja ahkeralla toiminnallaan. On syytä kuitenkin muistaa, että hänen saavutuksilleen loi erinomaisen pohjan ja tuen yliopistossa vuosikymmenien aikana harjoitettu työ. Jo Planmanin monet tähtitieteelliset työt ja jatkuva harrastus, mutta ennen kaikkea Hällströmin hellittämättömät ponnistukset observatorion, instrumenttien ja toimien aikaansaamiseksi loivat Suomessa edellytykset korkeatasoiselle tähtitieteelliselle toiminnalle. Lisäksi koko yliopiston piirissä pidettiin tähtitieteen edistämistä tärkeänä [12,13].

Bonnissa observatorion suunnittelu ja valmistuminen viipyi niin, että se vasta 1845 saatiin käyttöön. Odottaessaan Argelander laati ja julkaisi 1843 väliaikaisissa tiloissa ja pienillä kojeilla havaitsemansa tähtiluettelon ja kartaston, Uranometria Novan [14]. Siellä hän jatkoi myös Besselin aloittamaa havainto- ja luettelosarjaa ja käynnisti muuttuvien tähtien järjestelmällisen tutkimuksen.

Vuonna 1852 hän aloitti suurtyönsä, luettelon ja kartaston valmistamisen, jossa taivaan pohjoisnavalta eteläiselle deklinaatiolle  $2^{\circ}$  havaittiin ja annettiin jokaisen 10. suuruusluokkaa kirkkaamman tähden likimääräinen paikka ja suuruusluokka. Työ vei kymmenen vuotta ja se käsittää 324 198 tähteä. Luettelo ja kartasto, ns. Bonner Durchmusterung on laadittu niin, että jokainen luettelon tähti on helppo tunnistaa kartasta ja päinvastoin



Kuva 36: Argelander ja hänen vaimonsa vuodesta 1823 Maria Sophia Charlotte o.s. Courtan (k. 1883).)



Num. Cat.	Stellarum denominationes	Magn.	Adscensio recta media 1830			Num. Obs.	Praecessio in AR.		motus propr. in AR.	Correct. in AR. Catal. Piazz.	
							annua 1830	variatio. secul.		vet.	novi
			h	m	s		"			"	"
1*	11 Cassiopeae $\beta$		0	0	9.21	65	+3.0716	+ 512	+ 649	— 1.3	+ 5.4
2	6 Ceti $f$	5.6		2	36.39	8	+3.0657	— 66	— 70	+ 3.7	+ 3.1
3	88 Pegasi $\gamma$			4	29.44	106	+3.0769	+ 99	+ 29	+ 0.1	— 0.5
4	4 Mayeri			7	56.74	8	+3.0709	+ 29	000	+ 4.4	+ 2.7
5	38 Piscium seq.	7.8		8	39.38	8	+3.0772	+ 67	+ 19	+ 8.3	+ 4.1
6*	39 —	7.8		9	1.23	9	+3.0847	+ 108	+ 184	— 2.1	— 0.5
7*	9 Ceti			14	8.94	11	+3.0509	— 41	+ 267	— 1.0	— 2.8
8*	15 Cassiopeae $\alpha$			23	23.98	49	+3.3263	+ 682	— 3	— 0.3	+ 6.3
9	13 Ceti	6		26	29.97	5	+3.0580	+ 12	+ 250	+ 5.3	+ 4.8
10*	14 Mayeri			26	49.37	8	+3.0663	+ 28	+ 76	—13.2	— 2.3
11*	Anonyma	6.7		27	17.47	8	+4.1399	+3389	— 514		
12	15 Ceti	6.7		29	23.26	6	+3.0659	+ 29	— 55	+ 4.3	+ 4.5
13	30 Andromedae $\epsilon$	4		29	35.40	8	+3.1633	+ 205	— 160	— 1.7	+ 3.2
14	54 Piscium	6.7		30	31.98	11	+3.1360	+ 150	— 330	— 2.7	— 0.1
15*	18 Cassiopeae $\alpha$			30	54.57	65	+3.3328	+ 544	+ 65	— 0.9	+ 2.9
16*	16 Mayeri			32	3.18	8	+3.0530	+ 11	00.		
17	16 Ceti $\beta$			35	3.07	9	+3.0004	— 57	+ 137	+ 3.2	— 2.6
18	18 —	6.7		36	56.32	5	+3.0175	— 29	— 55	+ 5.7	+ 2.5
19*	24 Cassiopeae $\eta$			38	52.07	55	+3.4165	+ 612	+1315	+ 2.6	+ 6.6
20*	20 Mayeri	6		39	28.33	12	+3.0879	+ 64	+ 500	+ 8.9	+ 0.8
21	19 Ceti $2\varphi$	5.6		41	36.69	8	+3.0208	— 15	— 159	+ 2.7	— 2.0
22*	37 Andromedae $\mu$			47	20.65	6	+3.2813	+ 302	+ 175	+ 1.4	— 3.3
23	30 Cassiopeae $\mu$	5.6		57	1.15	32	+3.5247	+ 608	+3865	— 0.6	+ 3.9
24	41 Andromedae $d$	5.		58	17.21	8	+3.3844	+ 377	+ 154	— 5.4	— 4.7
25	29 Ceti	6.7		59	13.94	6	+3.0768	+ 57	+ 69	+ 4.8	— 1.6
26	80 Piscium $e$	5.6		59	37.14	5	+3.0988	+ 76	— 189	— 0.1	— 2.7
27	31 Ceti $\eta$		1	0	2.34	2	+3.0024	— 1	+ 151	— 5.1	— 3.7
28	43 Andromedae $\beta$			0	14.26	36	+3.3109	+ 283	+ 159	+ 0.8	+ 4.1
29	33 Cassiopeae $\theta$			0	48.28	9	+3.5571	+ 579	+ 246	— 0.9	+ 0.4
30*	35 Ceti	6.7		3	47.89	8	+3.0803	+ 62	— 129	+ 1.0	+ 1.1
31	86 Piscium pr. $\zeta$			4	51.50	8	+3.1139	+ 89	+ 114	— 1.7	— 1.5
32*	37 Ceti	5.6		5	50.26	8	+3.0113	+ 14	+ 39	+ 4.2	+ 2.2
33	38 —	6		6	8.62	6	+3.0577	+ 47	— 51	+ 1.5	— 1.0
34	Anonyma	7		6	46.99	5	+3.9718	+1113	00.		
35	40 Ceti	7		8	16.97	8	+3.0485	+ 41	+ 141	— 0.6	— 3.2
36*	37 Cassiopeae $\delta$			14	45.91	58	+3.7933	+ 765	+ 423	+ 0.2	+ 3.0
37	48 Andromedae	5		17	31.37	9	+3.5066	+ 416	+ 326	+ 2.8	+ 1.8
38	47 Ceti	6		18	28.17	8	+2.9587	— 3	+ 3	— 3.0	— 9.2
39	98 Piscium $\mu$	4.5		21	17.13	9	+3.1130	+ 88	+ 199	+ 1.4	+ 1.2
40*	P. I <sup>h</sup> 104	6		24	29.46	6	+3.4250	+ 315	00.		

Kuva 37: Osa Argelanderin apulaisineen Bonnissa laatiman tähtiluettelon ja kartaston, Bonner Durchmusterungin yhdestä karttalehdestä. Kuvassa näkyy mm. Seulasten eli Plejadien tähtijoukko.

[15].

Bonner Durchmusterung ilmestyi vuonna 1863. Sen jälkeen kävi ilmeiseksi, että tähtien tarkkojen paikkojen ja ominaisliikkeiden määrittämiseksi tarvitaan laajaa yhteistyötä eri observatorioiden kesken. Tähtitieteilijöiden kansainväliseksi yhteisöksi samana vuonna perustettu Astronomische Gesellschaft järjesti Argelanderin aloitteesta ja suunnitelman pohjalta vuonna 1869 hankkeen, johon osallistui lopulta kolmetoista observatoriota. Helsinki oli mukana alusta lähtien. Työssä havaittiin meridiaaniympyröillä 144 218 tähden paikka erittäin tarkasti. Luettelo, Catalog der Astronomischen Gesellschaft ilmestyi viitenätoista osana vuosina 1890-1910 [16].

Argelander tunsu jatkuvasti suurta kiinnostusta Suomea kohtaan [17]. Bonner Durchmusterungin ilmestymisvuonna Argelanderin työtoveri ja vävy Adalbert Krueger (1832-1896) nimitettiin Helsinkiin tähtitieteen professoriksi.



2-4

+23°

401-460				461-520				521-580				581-640				641-700			
m	3u	+23°		m	3u	+23°		m	3u	+23°		m	3u-4u	+23°		m	4u	+23°	
8.7	56	45.7	3.1	8.2	22	24.7	44.1	9.5	37	42.5	2.0	9.5	45	44.8	56.6	9.5	3	45.5	14.3
9.5	57	39.0	25.2	8.1	23	11.1	8.4	4.5		43.4	29.4	9.5	46	44.8	8.2	7.5		46.7	12.7
8.3		53.6	42.1	7.8		30.0	9.3	8.0		50.3	47.9	9.5	47	15.4	45.2	9.5		50.7	30.6
8.5	58	4.2	39.1	9.1		56.9	59.1	8.4		59.0	9.7	9.1		23.7	30.2	9.5		56.1	58.4
9.1		15.6	39.5	9.1	24	17.7	12.8	9.5		59.7	20.2	9.5		35.4	2.7	8.0	4	7.8	8.4
9.5	59	25.0	12.4	9.2		50.1	0.3	9.1	38	1.0	39.0	9.0		47	10.0	9.5		53.6	36.1
7.8		27.0	6.6	9.1	25	10.9	20.5	9.5		19.5	8.1	9.4		16.7	55.5	9.3	5	27.4	20.7
9.3		43.3	11.0	9.1		17.2	3.1	8.5		27.7	32.7	9.3		24.0	55.3	7.0		46.7	20.5
8.8		47.3	46.0	7.8		18.7	20.5	9.2		31.2	49.5	8.6	48	1.4	10.4	8.0		52.2	13.0
9.5	0	40.9	19.1	7.8		19.1	45.0	9.0		34.1	19.7	9.5		26.0	46.1	9.0		54.2	1.1
9.5		44.1	21.1	8.8		30.0	48.8	8.5		40.0	40.4	9.5		55.4	58.6	9.4	6	1.1	19.2
9.5		47.3	49.6	9.0		32.6	50.5	9.5		40.7	27.6	9.5	49	3.0	18.8	8.9		23.9	57.0
8.9	1	51.1	38.9	6.2		53.2	59.2	9.5		41.0	21.9	9.4		24.7	14.3	9.4		38.0	20.6
8.9		55.9	38.2	9.0	26	1.4	21.1	8.0		42.0	41.2	7.3		41.7	39.9	8.7		41.3	24.2
9.5	2	2.8	10.9	9.5		13.0	29.1	7.9		42.5	15.7	9.5		51.9	4.0	9.5		57.7	33.0
9.3		29.7	12.8	9.1		18.0	36.4	8.0		45.1	39.2	9.5		54.2	29.5	9.2		59.1	49.2
8.8	3	15.3	26.9	8.5		25.9	2.1	7.5		45.3	20.9	9.1		56.2	29.5	9.5	7	7.9	23.8
9.3		55.0	20.7	9.5		39.8	48.6	7.5		48.2	27.8	9.2		57.7	27.4	9.1		58.8	8.7
9.2	4	2.7	7.3	8.8	27	27.7	27.1	8.0		52.0	14.8	9.5		58.5	7.3	9.4		39.0	28.5
8.9		46.3	38.4	9.3		30.1	49.6	7.0		52.3	50.8	8.0	50	26.7	12.4	9.5		39.2	39.0
9.3		25.0	44.2	8.8		54.7	18.5	3.2		52.9	39.3	9.5	51	42.1	7.1	9.5		58.3	16.9
9.2	5	7.6	13.1	8.5		56.0	26.4	8.9	39	0.5	8.8	9.4	52	1.3	1.8	9.1	8	27.4	46.6
8.1		32.1	43.1	8.0	29	9.7	48.0	9.5		3.8	32.9	9.5		19.0	44.3	9.4		43.7	2.0
9.0	7	9.0	4.0	9.5	30	22.4	43.9	9.0		7.6	5.5	9.5		21.7	42.6	9.5		56.0	5.9
8.6		36.9	49.6	9.4		34.7	53.1	9.4		16.1	29.5	8.9		27.2	3.3	9.5	9	43.9	12.0
9.5	8	8.0	45.6	9.4		35.8	59.0	9.5		18.3	0.5	9.2	55	5.3	59.9	9.5	10	8.2	26.3
8.7		9.1	13.4	9.5	31	6.7	49.6	9.5		19.8	38.7	9.3		6.0	14.2	9.5		12.6	20.0
9.1		11.0	1.5	9.3	32	20.4	59.2	9.2		29.7	41.2	9.5		28.4	19.1	7.8		22.7	41.1
8.6		35.7	29.7	9.0		49.8	1.7	8.5		34.9	52.1	6.0		41.7	42.6	9.5		25.0	42.6
8.9		39.4	3.0	9.5		51.7	14.9	9.5		41.0	26.6	9.5	56	6.0	13.6	9.5		30.7	28.8
9.3	9	8.3	22.0	9.2		55.7	19.4	9.4		41.2	11.0	8.7		12.1	5.9	9.2		54.2	44.5
9.5		15.2	23.0	9.5	34	10.4	48.0	9.5		49.0	36.3	9.5		34.4	35.0	9.5	11	4.9	23.9
9.4		21.1	29.5	9.3		21.0	24.2	7.8		52.3	54.0	7.8		36.3	22.9	9.0		10.6	25.5
9.5		43.0	39.1	9.2		40.0	15.5	9.0		57.2	43.6	9.5	57	7.2	51.2	9.5		18.1	30.7
8.8		49.0	48.0	8.3	35	6.5	54.9	9.4	40	10.4	4.6	9.5		57.7	11.6	7.5		23.5	13.8
7.0		50.7	33.5	8.4		7.4	12.1	9.0		20.6	24.6	9.4		56.0	17.0	9.4	12	31.9	22.1
9.0	10	19.6	18.1	9.3		9.1	8.7	4.0		33.8	36.1	9.5		58.6	7.0	9.5		48.7	12.5
9.0		21.3	31.4	9.5		18.7	47.5	6.2		36.3	41.6	9.5	58	12.0	43.9	9.5	14	8.2	22.1
9.5		22.3	2.3	9.3		22.5	25.1	8.4		36.5	26.6	9.5		19.8	44.2	9.5		29.1	27.8
9.4	11	21.9	44.9	9.5		33.8	56.5	8.0		39.2	57.1	9.5	59	12.6	56.1	9.5		37.2	9.8
8.9		22.3	32.2	9.5		36.3	34.2	7.5		44.4	56.1	8.8		45.4	0.0	9.5		54.1	51.1
7.0		49.6	9.9	9.5		37.8	38.6	7.8		48.3	48.2	9.2		56.0	23.6	9.3	15	5.3	37.6
9.0		51.3	59.7	9.1		45.5	40.2	7.2	41	7.9	16.0	9.5		0.10.7	20.6	8.5		13.6	27.7
9.3	13	23.0	52.5	8.7		48.8	55.9	9.4		8.0	48.3	7.2		11.7	31.7	6.5		15.7	57.6
9.3		51.6	45.6	6.5	36	12.2	50.0	9.5		17.4	46.5	9.3		12.3	50.3	9.1		15.9	53.8
9.5		53.3	15.5	9.4		13.0	7.6	9.4		17.8	5.3	9.5		52.6	44.5	9.5	16	19.9	30.5
9.5	14	20.5	5.3	9.4		16.6	39.1	7.9		18.6	54.2	7.5		1.2.5	41.4	9.5		36.5	27.5
9.4		36.0	40.4	8.9		28.8	48.5	9.4		21.0	30.5	9.5		10.7	5.2	8.6		37.5	27.4
9.2		42.0	40.7	8.6		30.1	15.0	7.5		21.8	24.1	9.3		18.7	43.2	9.4		44.4	40.4
9.5		52.6	33.2	8.2		50.0	34.6	7.3	42	16.3	31.2	9.3		24.5	43.9	9.1		53.5	16.4
9.4	15	31.6	24.2	9.0		58.5	37.5	9.5		25.2	27.7	9.5		29.5	46.2	9.5		55.7	48.0
9.4		58.9	24.4	8.1	37	0.5	52.8	9.4		39.6	10.6	7.5		37.3	34.9	9.0	17	8.4	14.2
9.2	16	17.3	21.7	9.0		2.1	49.8	9.5	43	16.7	29.1	9.5		2.36.1	37.3	9.3	18	8.5	13.0
9.2		17.1	11.5	9.5		3.4	58.0	9.2		30.7	8.4	9.5	3	14.0	13.5	9.4		28.6	7.2
9.5	19	11.4	17.4	9.5		11.4	57.6	9.5		38.7	57.7	9.2		14.7	15.0	8.7		29.4	10.2
8.0		17.5	7.9	9.4		11.8	54.7	9.5	44	25.7	49.5	9.3		26.2	36.2	9.5	40	4.3	50.4
9.2	20	51.1	40.2	8.2		14.9	34.9	9.3		33.0	26.7	9.5		27.9	19.0	9.5	19	22.2	38.1
9.5		21.2	33.7	9.5		32.4	36.5	9.5		44.3	3.1	9.5		32.9	39.6	8.8		35.9	47.9
8.0		33.2	41.3	8.0		37.7	44.3	9.5	45	29.5	56.0	9.2		38.8	21.2	9.2		41.5	46.6
9.1		39.4	57.9	8.1		39.5	43.8	9.5		44.1	39.5	9.4		42.5	12.5	9.4	20	55.6	1.1

# Helsingin observatorio Argelanderin jälkeen

## Lundahl professoriksi

Argelanderin lähdettyä helmikuussa 1837 Bonniin, ei tähtitieteen professorin virkaan löytynyt päteviä hakijoita. Hän yritti itse välittömästi löytää sopivia nuoria ehdokkaita ulkomailta. Tehtävään kypsänä hän piti Tukholman observaattoria N. H. Selanderia. Selanderia kuitenkin pidäteltiin Ruotsissa, eikä palkkaustakaan saatu Helsingissä tyydyttävästi järjestetyksi [1].

Observatorion laitteiden hoito uskottiin 24-vuotiaalle tähtitieteen amanuenssi Woldstedtille [2], mutta tähtitieteen opetusta ei kukaan antanut. Observatoriossa asui lyhyen aikaa tunnettu fyysikko ja runoilija Johan Jacob Nervander (1805-1848), joka teki siellä magneettisia kokeita [3]. Vuonna 1838 perustettiin yliopiston yhteyteen magneettinen observatorio, ja Nervanderista tuli sen johtaja. Koska Suomesta ei löytynyt päteviä tähtitieteilijöitä professorin virkaan, kääntyi Yliopiston johto Tarton tähtitornin johtajan Wilhelm Struven välityksellä useiden ulkomaalaisten tähtitieteilijöiden puoleen, mutta tällä kertaa ilman tulosta [4]. Helsingin yliopistossa oli kuitenkin kaksi lupaavaa tähtitieteilijää, nimittäin Observatorion amanuenssi Fredrik Woldstedt (1813-1861) ja Gustaf Lundahl (1814-1844) [5]. Edellinen johti tähän aikaan kautta Suomen tehtävää astemittausta. Lundahl lähti kesällä 1837 ulkomaille täydentämään tähtitieteen opintojaan, ensin Tukholman observatorioon ja sitten Saksaan.

Lundahl opiskeli Bonnissa Argelanderin johdolla 1838-1840, jolloin hän havaitsi mm. tähdenpeittoja ja muuttuvia tähtiä [6]. Keväällä 1840 ilmestyi *Astronomische Nachrichten*issa, aikakauden johtavassa tähtitieteellisessä lehdessä, kaksi tärkeää Lundahlin tutkimusta. Ensimmäisessä työssä Lundahl laski 2.12.1839 löydetyn komeetan rataelementit ja efemeridit [7]. Toinen, ”Ueber die eigene Bewegung des Sonnensystems” käsitteli Auringon liikettä apeksia kohti [8]. Argelander oli 1837 julkaistussa työssään ensimmäisen kerran määrännyt aurinkokunnan liikkeen suunnan todella luotettavasti. Hän oli verrannut omia Turussa tekemiään havaintoja pääasiassa Bradleyyn 1700-luvulla tekemiin havaintoihin. Lundahl taas vertasi Bradleyyn havain-

toihin sellaisia tähtiä, jotka olivat Pondin Greenwichissä havaitsemassa 1112 tähden luettelossa [9] ja joita Argelander ei ollut havainnut. Lundahl löysi tähtiluettelosta 147 tähteä, joiden ominaisliikkeet olivat suurempia kuin 0,09". Näitä käyttäen hän sai pienimmän neliösumman menetelmällä auringokunnan liikkeen suunnaksi (epookki 1792,5): rektaskensio  $252^{\circ}24,4' \pm 5^{\circ}25,3'$  ja deklinaatio  $+14^{\circ}26,1' \pm 4^{\circ}29,3'$ . Tulos oli hyvässä sopusoinnussa Argelanderin tulosten kanssa, vaikkakin deklinaatio oli jonkin verran pienempi.

Bonnissa Argelanderin luona syntyi myös Lundahlin tohtorinväitöskirja "De altitudine poli Bonnensis, ex observationibus, ope instrumenti universalis Erteliani factis, deducta". Siinä hän määräsi havaintopaikkansa leveyspiirin pienimmän neliösumman menetelmällä 262 havainnosta, jotka hän teki helmi-maaliskuussa 1840. Lundahl puolusti väitöskirjaansa 13.7.1840 Helsingissä.

Lundahl lähti samana vuonna juuri valmistuneeseen Pulkovan observatorioon täydentämään jatko-opintojaan Wilhelm Struven johdolla [10]. Pulkovassa työskentelyn tuloksena syntyi Lundahlin professorin väitöskirja "De numeris Nutationis et Aberrationis constantibus atque de Parallaxi annua Stellae Polaris quales deducuntur ex Declinationibus Stellae Polaris Dorpati annis 1822-1838 observatis". Tutkimus perustuu Struven ja Preussin Tartossa meridiaanikoneella tekemiin lähes 1200 havaintoon Pohjantähden deklinaatiosta vuosina 1822-1838. Työläiden laskutoimitusten jälkeen Lundahl sai aberratiovakion arvoksi  $20,55082'' \pm 0,04329''$ , nutaatiovakioksi  $9,23635'' \pm 0,04036''$  ja Pohjantähden parallaksiksi  $0,14731'' \pm 0,03001''$ . Näistä varsinkin nutaatiovakion määräys tuli kansainvälisestikin tunnetuksi, sillä Struve johti Lundahlin, C. A. F. Petersin ja Boschin saamien arvojen perusteella uudeksi nutaatiovakioksi  $9,2231''$ . Tätä arvoa ruvettiin yleisesti käyttämään. Lundahl puolusti professorin väitöskirjaansa Helsingissä 27.4.1842.

Lundahlin täydentäessä opintojaan ulkomailta tähtitieteen professuuri oli jatkuvasti avoinna hakijoiden puuttuessa. Matematiikan dosentti Henrik Gustav Borenius (1802-1894), joka oli toiminut Observatorion amanuenssina 1827-1829, huolehti vuosina 1840-1842 tähtitieteen professorin tutkintovelvollisuuksista. Maaliskuussa 1841 hän ilmoitti hakevansa professuuria. Borenius kuitenkin peruutti hakemuksensa kuultuaan, että Struve, vakuutuneena Lundahlin suuresta lahjakkuudesta, oli suositellut Yliopiston konsistorille Lundahlin valitsemista tähtitieteen professoriksi [11]. Lundahl sai myös Argelanderilta loistavat suositukset [12].

Huolimatta aikakauden johtavien tähtitieteilijöiden suosituksista Yliopiston konsistori ei pitänyt Lundahlin nimitystä itsestäänselvyytenä. Hänen humanististen aineiden opintonsa katsottiin puutteellisiksi ja väitöstilaisuuksissa hänen latinan kielen suullinen taitonsa oli osoittautunut heikoksi. Lopulta konsistori asetti hänet kuitenkin äänin 15-2 ehdolle professorin virkaan, ja nimitys seurasi sitten 25.10.1842 [13].

Lundahl luennoi Yliopistossa pallotähtitiedettä ja teoreettista tähtitie-



Kuva 39: Friedrich Georg Wilhelm Struve (1793-1864) syntyi Altonassa Saksassa, opiskeli Tartossa ja tuli Tarton tähtitornin johtajaksi 1813 ja uuden Pulkovan keskusobservatorion johtajaksi. 1839. Struve vaikutti monin tavoin Suomen tähtitieteen kehitykseen Walbeckin, Argelanderin, Lundahlin ja Woldstedtin aikana. Struve oli 1800-luvun tunnetuimpia tähtitieteilijöitä. (Valok. O. Struve 1865)

dettä Havaintotöiden aloittamisen esti Lundahlin sairastuminen, ja hän kuoli 28.12.1844 vain 30-vuotiaana [14].

## **Woldstedt ja venäläis-skandinaavinen astemittaus**

Fredrik Woldstedt oli suorittanut filosofian kandidaatin tutkinnon 1834 loppussa ja hänet nimitettiin Observatorion amanuenssiksi 14.3.1835 Argelanderin ollessa tähtitieteen professorina Helsingissä. Jo samasta kesästä lähtien Woldstedt kuitenkin osallistui suureen venäläis-skandinaaviseen astemittaukseen.

Kuten aikaisemmin on mainittu, suunnittelivat silloinen Tarton observatorion johtaja Wilhelm Struve ja Walbeck 1820-luvun alussa astemittauksen ulottamista Suomenlahden yli pohjoiseen. Struven johdolla valmistui Eestin ja Liivinmaan eli nykyisen Latvian alueella 1831 astemittaus, jonka pohjoisin piste oli Suursaarella keskellä Suomenlahtea [1].

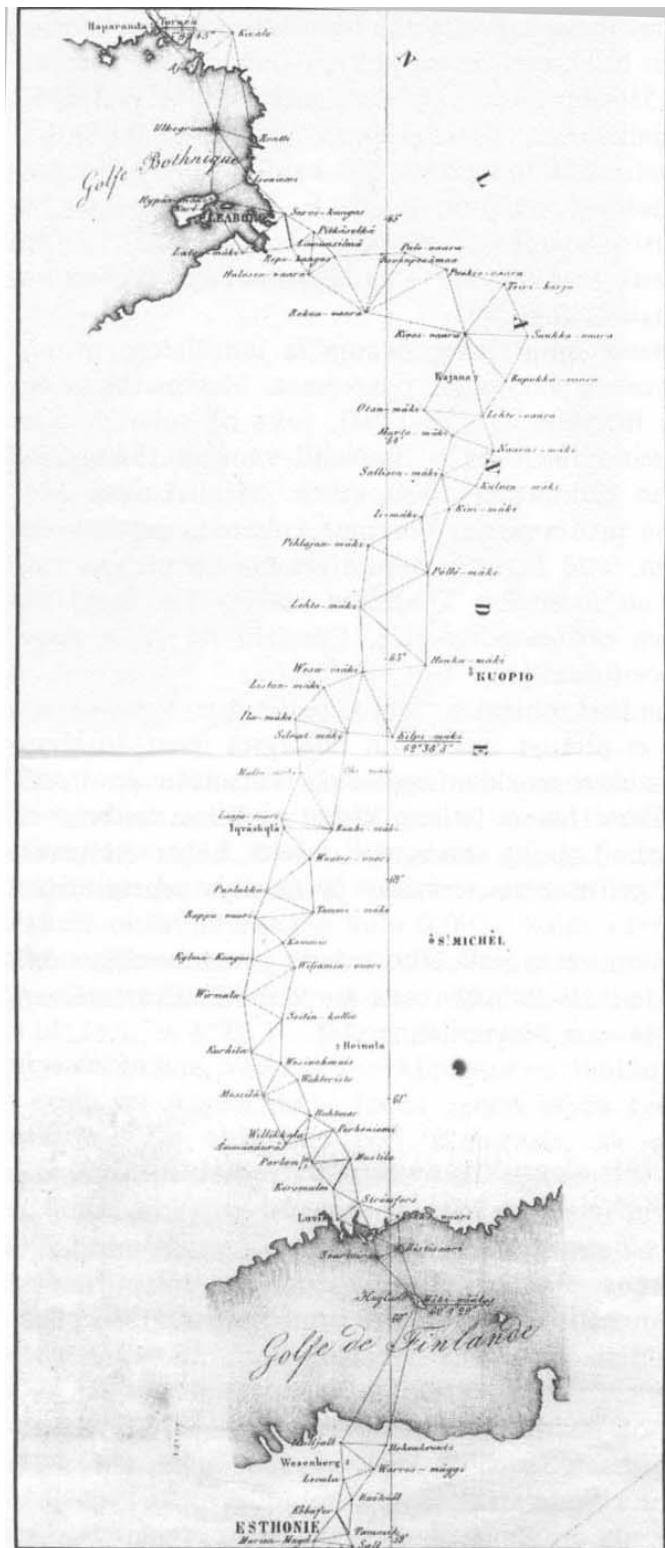
Samaan aikaan oli kenraali C. von Tennerin johdolla aloitettu Keski- ja Etelä-Venäjällä laaja astemittaus, joka päätettiin yhdistää Struven mittaukseen. Astemittausta jatkettiin pohjoiseen Suomen kautta ja Ruotsin ja Norjan toimesta aina Hammerfestiin saakka.

Näin saatiin yli  $25^{\circ}$ :n pituinen kaari Mustalta Mereltä Jäämerelle saakka. Tämä jättiläistyö tehtiin Wilhelm Struven johdolla vuosina 1816-1855 [2]. Se oli kaikkien aikojen mittavimpia astemittauksia. Tällaisten geodeettisten astemittauksien päämääränä on lähinnä maapallon muodon ja koon tarkka selvittäminen. Ne antavat myös hyvän perustan kartoitustyölle.

Työt Suomessa pani alulle kaksi suomalaista upseeria Åberg ja Melan 1830 hakemalla sopivia kolmiopisteitä ja rakentamalla tähytysmerkkejä. Varsinaiset mittaukset aloitettiin kolmioketjun eteläpäässä kesäkuussa 1832. Ketju tuli Suursaarelta Loviisan itäpuolelle, josta se jatkui kohti Vesijärveä ja sitten Päijänteen rantoja pitkin Jyväskylään, jonne mittaukset etenivät syksyllä 1834. Seuraavana vuonna, jolloin Woldstedt tuli mukaan astemittauksiin, päästiin jo Kajaanin eteläpuolelle asti. Åberg ja Melan komennettiin geodeettisiin töihin Venäjälle ja vuodesta 1836 lähtien Suomen astemittauksen käytännön työt olivat Woldstedtin vastuulla [2,3].

Metsäisessä ja suhteellisen tasaisessa Suomessa kolmiomittaukset kohtaavat tavallista suurempia käytännön vaikeuksia. Lisäksi kulkuyhteydet tuon ajan Suomessa olivat heikot. Woldstedt joutui Kajaanin ja Oulun välillä rakentamaan tavallista korkeampia kolmiopisteitä, ja hakkauttamaan pitkiä näkölinjoja metsien poikki saadakseen kolmiopisteet näkyviin. Syksyllä 1839 Woldstedt pääsi mittauksissaan Oulun lähistölle [2,3].

Oulun ja Tornion välillä kolmiopisteet olivat osaksi saarilla ja rannikoilla, mm. Hailuodolla ja Ulkokrunnin saarella, pienellä Rontin saarella Iijoen suulla sekä Ajoksen saarella Kemin edustalla. Täällä vaikeutena olivat huono näkyväisyys ja valon voimakas taittuminen lähellä meren pintaa. Esimer-



Kuva 40: Suomen osuus W. Struven johdolla 1816-1855 tehdystä Mustalta mereltä Jäämerelle ulottuneesta astemittauksesta. Suursaaren (kartassa "Holand" ja Tornion välinen osuus mitattiin 1830-1845. Ruotsalaiset ja norjalaiset jatkoivat myöhemmin mitausta Torniota Hammerfestiin. Kartan keskellä oleva pystysuora viiva on Tarton kautta kulkeva pituuspiiri. (Struve 1857, planches)

kiksi vähäisellä Ulkokruunun saarella ulkomerellä Woldstedt joutui tekemään mittauksia lähes puolentoista kuukauden ajan kesällä 1841 [2,3].

Woldstedt kiinnitettiin Pulkovan observatorion palvelukseen tehtävänäan astemittaukseen kuuluvat mittaukset ja laskelmat [4]. Hän otti 9.4.1842 eron Helsingin yliopiston Observatorion amanuenssin toimesta oltuaan pitkään virkavapaana. Woldstedt suoritti kesäisin Suomessa astemittauksia, yleensä lokakuuhun saakka ja talvikaudet hän teki niihin liittyviä laskelmia Pulkovassa.

Viimeksi Woldstedt suoritti ns. asemamittaukset 1844-1845, jolloin huolellisesti mitatusta perusviivasta lähtien useiden apukolmioiden kautta saadaan suuren kolmion sivun pituus määräytyksi. Toinen asemamittaus tehtiin Elimäellä Loviisasta koilliseen ja toinen lähellä Oulua [2].

Struve ehdotti Pietarin tiedeakatemian välityksellä 1844 Ruotsin tiedeakatemialle astemittauksen jatkamista Torniota pohjoiseen. Ruotsalaiset mittasivat tähtitieteen prof. N. H. Selanderin johdolla osuutensa 1845-1852 Torniota Kautokeinoon saakka Norjan puolelle. Suurin osa näistä kolmiopisteistä oli Suomen puolella ja monet niistä olivat samoja kuin de Maupertuisin mittauksessa sata vuotta aikaisemmin.

Norjalaiset jatkoivat astemittausta Kristianian eli nykyisen Oslon tähtitornin johtajan professori Chr. Hansteenin johdolla Hammerfestiin saakka.

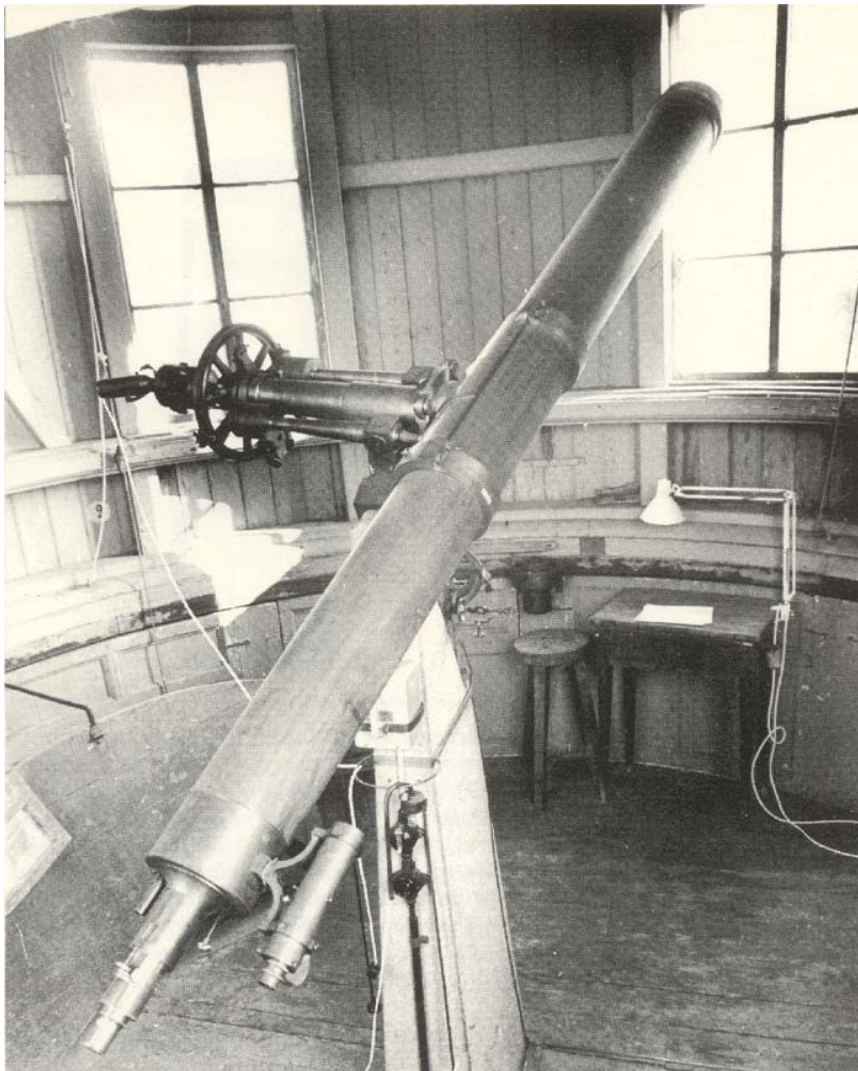
Koko Suomen kautta kulkeva kolmioverkko on erinomaisesti laadittu, kolmiot ovat mahdollisimman tasasivuisia [5]. Kolmioiden sivujen pituudet ovat yleensä 20-40 km. Astemittauksella on ollut huomattava merkitys myöhemmille geodeettisille mittauksille Suomessa. Kun päähuomio kiinnitettiin työn merkitykseen astemittauksena, ei kolmiopisteitä merkitty maahan kyllin huolellisesti. Tästä huolimatta on useimmat kolmiopisteet myöhemmin löydetty [6]. Niitä etsittiin mm. Anders Donnerin johdolla [7].

## Woldstedt professorina

Fredrik Woldstedt suoritti lisensiaatin tutkinnon 14.6.1837, mutta vielä 1842, jolloin Gustaf Lundahl nimitettiin tähtitieteen professoriksi, Woldstedtilla ei ollut yhtään painettua tutkimusta.

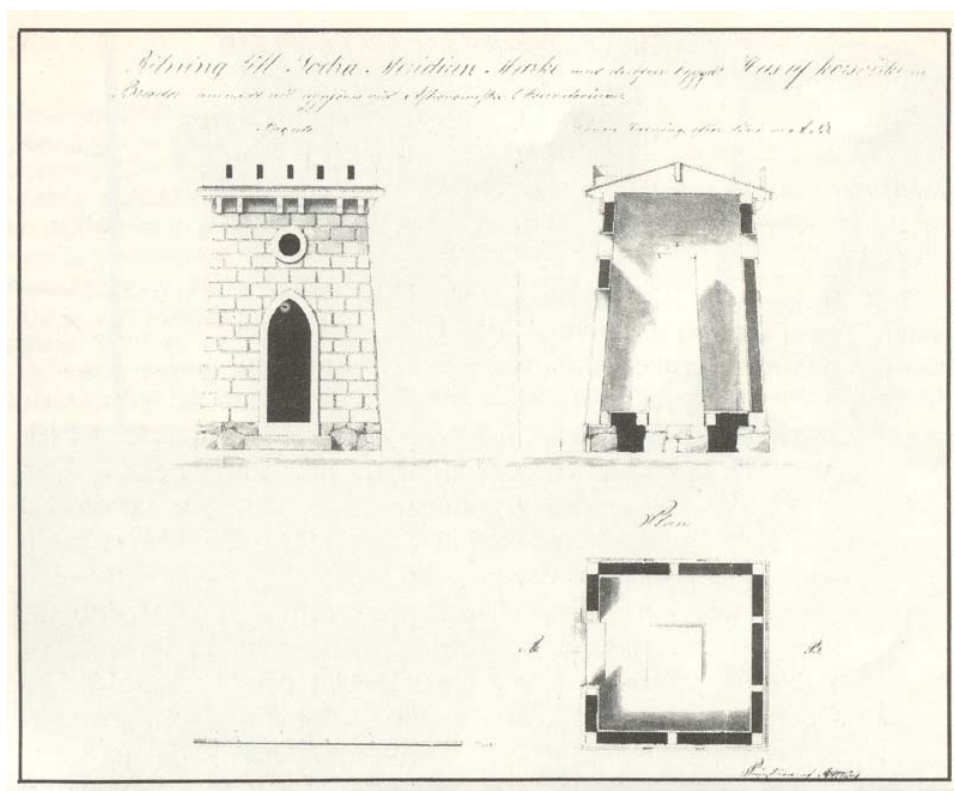
Woldstedt väitteli tohtoriksi 8.6.1844 tutkimuksella, jolla oli ajan tapaan varsin pitkä nimi: ”De Gradu Praecisionis Positionum Cometae anni mille-simi quingentesimi septuagesimi septimi a Celeberrimo Tychone Brahe per Distantias a Stellis Fixis mensuratas determinatarum et de Fide Elementorum Orbitae quae ex illis Positionibus deduci possunt” [1]. Työ käsittelee kuuluisaa Tyko Brahen havaitsemaa vuoden 1577 komeettaa. Tästä komeetasta tekemillään tarkoilta havainnoilla Tyko osoitti, että se oli todellinen taivaankappale eikä maan ilmakehän ilmiö, kuten komeetoista siihen aikaan uskottiin. Tyko mittasi 23.11.1577-22.1.1578 suurella sekstantilla komeetan kulmaetäisyydet muutamiin kirkkaisiin tähtiin. Kun komeetan paikka ajan





Kuva 41: Observatorion keskitornissa oleva ekvatoriaalisesti asennettu ns. Argelanderin refraktori. Tornia voidaan pyörittää, ja avattavan luukun kautta kaukoputkella voidaan havaita kaikkiin suuntiin. Kaukoputki tilattiin jo 1818, mutta se saapui vasta syyskuussa 1835 Helsinkiin. Turun observatoriossa sitä ei olisi voinut lainkaan käyttää ja kaukoputkea varten olisi pitänyt rakentaa oma kääntyvä torninsa. Objektiivin halkaisija on 17,6 cm ja polttoväli 270 cm. Putki on puinen. Okulaaripäässä lukee Utzschneider und Fraunhofer in München. Ei ole tiedossa, minkä verran kaukoputkesta oli valmiina Fraunhoferin kuollessa 1826. Kaukoputkea kääntää painoilla toimiva kellokoneisto tähtitaivaan liikkeen tahdissa, joka helpottaa lankamikrometrin käyttöä. Kaukoputkella on havaittu etupäässä komeettojen paikkoja rengasmikrometrin avulla. (Helsingin yliopisto)





Kuva 42: Eteläisen meridiaanimerkin suojarakennuksen piirustus. Tarkan pohjois-etelä -suunnan määrittämiseksi tarvittiin meridiaanikoneen pohjoiselle ja eteläiselle puolelle tukevat meridiaanimerkit. Pohjoinen meridiaanimerkki oli 6315 kyynärän (3748 metriä) päässä (Argelander 1836, s. 143) nykyisessä Vallilan kaupunginosassa. W. Struven vieraillessa Helsingissä kesällä 1848 eteläinen meridiaanimerkki siirrettiin Kaivopuiston rannasta vain 300 jalan (91 metriä) päähän meridiaanikoneesta [17], jossa se on edelleenkin. Meridiaanimerkki oli tukeva kivipilari, jonka huipussa oli varsinainen tähtäysmerkki. Pilari tarvitsi ympärilleen suojarakennuksen, jonka seinissä olevien pyöreiden aukkojen lävitse merkkiin tähdättiin. (Helsingin yliopisto)

mukana muuttui, kertyi mittauksia kaikkiaan 80. Edmund Halley (1656-1742) oli ainoana johtanut komeetan radan. Woldstedt käytti vertaustähtien paikkoja varten Pondin [2] ja Argelanderin [3] tarkkoja tähtiluetteloita, tietysti havaintoajankohdalle korjattuna. Halleyn ajoista olivat myös laskumenetelmät melkoisesti kehittyneet. Woldstedt teki mm. tarkat virhetarkastelut saaduille rataelementeille. Laskelmat antoivat Tykon havaintojen keskimääräiseksi virheeksi 4,2 kaariminuuttia. Argelander kiitteli Woldstedtin tutkimusta kirjeessään *Astronomische Nachrichten* -lehdelle [4].

Lundahlin kuollessa 28.12.1844 Woldstedt oli tiukasti kiinni astemittaukseen liittyvissä töissä Pulkovassa. Tähtitieteen professuuri julistettiin haettavaksi vasta lokakuussa 1845 [5]. Woldstedt oli ainoa hakija. Struve antoi lausunnon, jossa hän kiitti Woldstedtin osuutta astemittauksissa [6]. Woldstedt puolusti 6.12.1845 menestyksellisesti professorin väitöskirjaansa [7], ja konsistori asetti Woldstedtin epäröimättä ehdolle virkaan [8]. Hänet nimitettiin 20.2.1846 tähtitieteen professoriksi. Tällöin Woldstedt oli kuitenkin jo matkustanut takaisin Pulkovaan, sillä astemittauksen laskelmat olivat edelleen kesken. Struve anoi Woldstedtille virkavapautta professorin virasta toukokuun 1846 loppuun, jotta Woldstedt saisi suoritetuksi laskut yhteistyössä. Struven kanssa [9].

Woldstedt kävi myöhemminkin usein Pulkovassa. Erästä Pulkovan vierailusta kertoi Otto Struve (1819-1905), joka seurasi myöhemmin isäänsä Wilhelm Struvea Pulkovan observatorion johtajana, englantilaisessa alan lehdessä [10]. Struve oli vuoden ajan havainnut 61 Cygni -tähteä sen parallaksin, siis etäisyyden määrittämiseksi. Kiireidensä takia O. Struve ei kuitenkaan ollut laskenut tuloksia. Kun Woldstedt vieraili Pulkovassa syyskuussa 1853, hän teki tarvittavat suuritoiset laskut. Parallaksiksi tuli  $0,523''$ , joka oli lähes kolmanneksen Besselin 1838 saamaa arvoa enemmän. Ennen Woldstedtin tuloa tähtitieteen professoriksi ei Observatoriossa oltu tehty järjestelmällisiä havaintoja lähes kymmeneen vuoteen. Woldstedt aloitti havainnot meridiaanikoneella heinäkuussa 1846 ja jatkoi niitä kevääseen 1858, jolloin sairastelu lopetti hänen havaintojentekonsa. Woldstedt aikoi ensin havaita myös Observatorion keskitornissa olevalla seitsemän jalan refraktorilla, mutta hän luopui tästä, koska kumpikin instrumentti vaati Woldstedtin mielestä oman havaitsijan. Pulkovassa jokainen tähtitieteilijä havaitsi vain yhdellä laitteella [11].

Helsingin observatorio oli oikeastaan melko suuri, olihan siellä seitsemän kiinteästi pystytettyä havaintolaitetta. Observatorion tehokas toiminta olisi vaatinut huomattavasti suuremman henkilökunnan [11]. Struven aloitteesta Woldstedt esitti tähtitieteen apulaisen viran perustamista. Konsistori yhtyi ehdotukseen, mutta hanke ei johtanut tulokseen. Woldstedt olisi ollut valmis järjestämään apulaiselle asunnon observatoriosta [12].

Woldstedtin suunnitelmissa oli Helsinkiin tulosta lähtien ollut havaita pohjoisen taivaannavan ympärillä kaikki yhdeksättä suuruusluokkaa kirkkaammat tähdet, joiden deklinaatio on yli 80 astetta.

Vuodesta 1849 lähtien Woldstedt teki näitä havaintoja ja lähetti Struvelle tietoja työn edistymisestä [13]. Mutta sairaus esti Woldstedtia saamasta työtä päätökseen.

Vuonna 1849 ilmestyi Woldstedtin 139-sivuinen tutkimus "Die Höhen der Dreieckspunkte der Finnländischen Gradmessung über der Meeresfläche"[14]. Struven astemittauksen yhteydessä Suomessa oli mitattu myös kolmiopisteiden korkeudet. Mittauksista saatiin hämmäntävä tulos, että Perämeren pinta olisi 5,186 metriä korkeammalla kuin Suomenlahti. Virhe ei toki ole kovin suuri, kun otetaan huomioon, että etäisyys kolmioketjua pitkin oli yli 600 kilometriä. Kolmiopisteiden korkeudet on mitattu myöhemmin tarkemmin. Eroon johtaneita syitä on tarkastellut Aarne Rainesalo 1949 [15].

Woldstedt julkaisi vuonna 1852 tutkimuksen "Untersuchung der Theilungsfehler des Reichenbach-Ertelschen Meridiankreises der Sternwarte in Helsingfors" [16]. Siinä hän tutki meridiaanikoneen suuren pystykehän eli meridiaaniympyrän virhettä ja sen jaksollisuutta mekaanisesti neljän mikroskoopin avulla samaan tapaan kuin Bessel ja W. Struve aikaisemmin. Woldstedt teki itse mittaukset kesällä ja syksyllä 1849. Woldstedtin tulokset olivat melko hyvässä sopusoinnussa Argelanderin tähtihavaintojen avulla saamien tulosten kanssa [17]. Woldstedtillä lienee ollut taipumusta liialliseen perusteellisuuteen tutkimuksissaan, sillä kirjeessään toukokuussa 1850 Argelanderille [18] hän mainitsee W. Struven neuvoneen, ettei Woldstedtin kannata enää tuhлата aikaansa uusiin jakovirheen määräyksiin, vaan tyytyä jo saatuihin tuloksiin.

Woldstedt pyysi kirjeessään kesäkuussa 1849 Argelanderilta [19] Bonnista päiväkirjan, jossa olivat Argelanderin Helsingissä 24.9.1835-8.2.1837 meridiaanikoneella tekemät havainnot. Woldstedt redusoi näitä havaintoja päiväkirjaan [20] ja julkaisi niiden pohjalta vuonna 1855 60-sivuisen tutkimuksen "Die Biegung des Meridiankreises der Helsingforscher Sternwarte aus den Beobachtungen des Herrn Professor Argelanders hergeleitet" [21]. Woldstedt sai havainnoista 109 kolmen tuntemattoman yhtälöä erilaisilla painokertoimilla. Käyttämällä pienimmän neliösumman menetelmää Woldstedt sai mm. havaintopaikan leveyspiiriksi  $60^{\circ}9'43,23''$ . Arvoa käytettiin pitkään tähtitieteellisissä almanakoissa. Woldstedt sai myös yksinkertaiset yhtälöt, joilla korjattiin meridiaaniympyrän akselin erilainen taipuminen eri korkeuskulmilla. Argelander oli tehnyt aikanaan havaintojaan juuri tämantapaista tutkimusta varten [22].

Kuten edellä on kerrottu, Argelander julkaisi kolme osaa Turussa tekemistään havainnoista, mutta kaksi osaa jäi esipuheen puuttumisen vuoksi saattamatta valmiiksi. Woldstedt kirjoitti kirjeessään Argelanderille kesäkuussa 1849 [19] seuraavasti: "Sitten vuosien 1829, 1830 ja 1831 Turun havaintojen painamisen on niitä nyttemmin täydennetty niin, että vain yksi liuska vuoden 1831 havainnoista puuttuu. Minun täytyy lisäksi pyytää, että Herra Professori suosiollisesti lähettäisi esipuheen molempiin osiin, jotka näistä havainnoista tullaan tekemään, niin että voisin tänä kesänä lähettää



Kuva 43: E. Hoffersin valokuva vuodelta 1866 Nikolainkirkon tornista etelään. Jo observatorion valmistumisen aikaan rakennettu kaupunki ulottui noin 200 metrin päähän pohjoispuolelle. Valaistus ei haitannut, koska ulkovalaistusta ei ollut ja sisävalaistus hoidettiin kynttilöillä ja päreillä. Sen sijaan talojen uunilämmityksestä tuli melkoisesti savua, mutta onneksi uuneja lämmitettiin pääasiassa valoisaan aikaan. Vasta elohopealamppujen käyttöönotto 1950-luvulla alkoi vakavasti haitata havaintojentekoa Tähtitorninmäellä. (Helsingin kaupunginmuseon kuvakokoelmat)



Kuva 44: Observatorio 1860- tai 1870-luvulla otetussa kuvassa kaakosta, Kaivopuistossa olleesta tuulimyllystä nähtynä. (Helsingin kaupunginmuseon kuvakokoelmat)

muutaman kappaleen ulkomaille. Lisäksi pyytäisin saada tietää kuinka monta kappaletta Herra Professori toivoo saavansa omia laskujansa varten” [23]. Woldstedt pyysi esipuhetta uudelleen kirjeessään toukokuussa 1850 [18]. Argelander teki esipuheen luonnoksen, mutta ei saanut sitä lopullisesti valmiiksi [24]. Argelanderin kiireitä kuvaa se, että hän julkaisi Suomessa 1824-1837 tekemänsä revontulihavainnot vasta 1866 [25].

Woldstedt piti ylioppilaille luentoja pallotähtitieteestä, maantieteellisestä paikanmääräyksestä, geodesiasta, pimennysten teoriasta, pienimmän neliösumman menetelmästä, radanmääräyksestä, käytännöllisestä tähtitieteestä ja instrumenttiteoriasta. Hänen luentojaan kuunteli mm. nuori ylioppilas Hugo Gylden [26].

Woldstedt otti monella tavoin osaa akateemiseen elämään. Hän oli mm. filosofisen tiedekunnan dekaanina 1849-1850 ja tiedekunnan promootorina. Woldstedt esitti vuonna 1853 promootiopuheessaan ajatuksia ihmisen asemasta maailmankaikkeudessa [27]. Hän toimi myös Suomen tiedeseuran varapuheenjohtajana ja sittemmin puheenjohtajana v. 1853-1854.

Woldstedt sairasteli vuodesta 1855 lähtien. Professuuria hoiti aika ajoin tähtitieteen dosentiksi 1855 nimitetty Lorenz Leonard Lindelöf (1827-1908). Lindelöf oli jo koulupoikana kiinnostunut tähtitieteestä, jota hän myös opis-

keli yliopistossa. Vuoden 1847 lopulla hänestä tuli Observatorion amanuenssi, jossa toimessa hän oli vuoteen 1852 saakka. Amanuenssina Lindelöf joutui mm. toimittamaan almanakkoja. Lindelöf jatkoi tähtitieteen opintojaan Pulkovan keskusobservatoriossa 1852-1853 ja 1855-1856. Vuonna 1857 Lindelöf nimitettiin yliopiston matematiikan professoriksi. Hänen ainoa puhtaasti matemaattinen tutkimuksensa ennen nimitystä oli väitöskirja professuuria varten vuonna 1856 [28].

Professori Woldstedt kuoli 18.10.1861 pitkällisen sielullisen ja fyysisen sairauden jälkeen. Lindelöf määrättiin sen jälkeen hoitamaan tähtitieteen professuuria.

# Krueger ja kansainvälinen luettelotyö

## Professorinimitys

Woldstedtin kuolema sattui sellaiseen aikaan, ettei hänelle saatu kotimaasta seuraajaa. L. L. Lindelöf oli nimitetty neljä vuotta aikaisemmin matematiikan professoriksi, ja juuri tohtoriksi väitelleen 21-vuotiaan Hugo Gyldénin taas katsottiin olevan liian nuori professoriksi. Gyldénin hakemus tuli sitä paitsi kaksi kuukautta hakuajan jälkeen.

Kaksi ulkomaista tähtitieteilijää haki professorin virkaa, nimittäin ruotsalainen D. G. Lindhagen, joka oli silloin apulaisastronomi Tukholman observatoriossa, sekä Adalbert Krueger (1832-1896), joka oli ensimmäinen assistentti Bonnin observatoriossa. Vasta 29-vuotias Krueger oli ollut nuoresta iästään huolimatta jo monia vuosia Argelanderin apulaisena. Sitten Lindhagen peruutti hakemuksensa ja Krueger jäi ainoaksi hakijaksi. Kun tiedekunta ja konsistori olivat yhtyneet Lindelöfin Kruegerista antamaan myönteiseen lausuntoon, hänet nimitettiin professoriksi 9.6.1862.

## Kruegerin opinnot ja toiminta Bonnissa

Karl Nikolaus Adalbert Krueger syntyi 3.12.1832 Marienburgissa Länsi-Preussissa. Tultuaan 1851 ylioppilaaksi hän alkoi opiskella matematiikkaa ja luonnontieteitä Berliinin yliopistossa. Keväällä 1853 Krueger siirtyi Bonnin yliopistoon, jossa hänestä jo samana syksynä tuli Argelanderin toinen assistentti.

Bonnissa oli vuoden 1852 alussa aloitettu havainnot kuuluisaa "Bonner Durchmusterung-luetteloa ja kartastoa varten. Juuri tähän työhön Krueger tuli mukaan, ja hän havaitsi ensimmäisen vyöhykkeensä 28.8.1853. Krueger havaitsi sitten vuoteen 1859 mennessä lähes puolet Bonner Durchmusterungin kaikkiaan 324 198 tähdestä [1].

Krueger teki Bonnissa ollessaan ahkerasti muitakin havaintoja. Hän mitasi runsaasti komeettojen ja pikkuplaneettojen paikkoja joko rengasmikrometrilla tai heliometrilla, havaitsi muuttuvien tähtien kirkkauksia, tähdenpeittoja ym. Lisäksi hän laski paljon pikkuplaneettojen ja komeettojen ra-



taelementtejä ja efemeridejä sekä tutki häiriöteoriaa.

Krueger väitteli 11.8.1854 tohtoriksi tutkimuksella "De ascensionibus rectis a Flamsteedio quadrantis muralis ope observantis". Siinä käsitellään Flamsteedin (1646-1719) havaintoja, niiden virhelähteitä ja mm. johdetaan todennäköisen virheen suuruus. Vanhat tähtien paikkahavainnot olivat tärkeitä mm. tähtien ominaisliikkeen kannalta.

Kesällä 1858 Krueger aloitti Bonnin observatorion heliometrilla pitkän, 4.5.1862 saakka kestäneen havaintosarjan kaksoistähden  $\rho$  Ophiuchi parallaksin, siis samalla sen etäisyyden määrittämiseksi. Tähtien parallaksin määrittäminen on vaikea tehtävä, onhan lähimmän tähden parallaksi vain 0,7 kaarisekuntia. Krueger sai parallaksiksi 0,162", mikä vastaa 20,1 valovuoden etäisyyttä. Kaksoistähden komponenttien yhteenlasketuksi massaksi hän sai 3,1 Auringon massaa ja niiden kiertoajaksi yhteisen painopisteen ympäri 95 vuotta [2].

Krueger mittasi heliometrilla Bonnissa myös kahden muun tähden parallaksin ja  $\eta$  Persei -tähtijoukon tähtien paikkoja. Nämä tutkimukset hän julkaisi myöhemmin Suomessa Tiedeseuran julkaisusarjassa [3].

Vuonna 1859 E. Schönfeld (1828-1891) kutsuttiin Mannheimin observatorion johtajaksi ja Krueger nimitettiin hänen tilalleen ensimmäiseksi assistentiksi. Seuraavana vuonna Kruegerista tuli Bonnin yliopiston tähtitieteen dosentti.

Kuten edellä on kerrottu, Krueger nimitettiin 1862 tähtitieteen professoriksi Helsinkiin, 25 vuotta sen jälkeen, kun Argelander oli sieltä lähtenyt. Ennen Suomeen muuttoaan Krueger meni naimisiin Argelanderin Helsingissä syntyneen tyttären, Maria Wilhelmiina Amalian kanssa. Kruegerin sopeutumista Suomen oloihin auttoi sekin, että hän oli oppinut Argelanderin perheessä ruotsia.

## Krueger Helsingissä

Helsingissä Kruegeria odottivat monet uudet tehtävät. Woldstedtin pitkäaikaisen sairauden aikana laitteiden hoito oli kärsinyt ja niiden täyteen kuntoon saaminen oli Kruegerin ensimmäisiä tehtäviä.

Krueger sopeutui nopeasti Suomen oloihin. Hänen vävynsä H. Kreutz (1854-1907) kertoo Kruegerin pitäneen neljäätoista Suomen vuottaan elämänsä onnellisimpana aikana [4].

Kruegerista tuli Suomen Tiedeseuran jäsen 1863 ja Yliopiston konsistorin täysivaltainen jäsen 1864. Hän hoiti matematiikan professuuria 1870-1872 ja hänestä tuli syksyllä 1874 fyysis-matemaattisen osaston dekaani.

Toisin kuin edeltäjänsä Woldstedt, Krueger oli varsin tuottelias kirjoittaja. Hänen tuotantonsa käsittää ainakin 190 julkaisua, joista 55 on Helsingin ajoilta [5]. Kruegerin runsaasti käyttämä kanava oli Astronomische Nachrichten -lehti, jonka päätoimittaja hänestä tuli myöhemmin Kielissä.



Kuva 45: Observatorio noin vuonna 1870. Aikaisemmin paljaalle kalliolle alettiin vuonna 1868 laittaa nurmikkoa hätäaputöinä. (Valok. E. Hofers/Helsingin kaupunginmuseon kuvakokoelmat)

Krueger julkaisi Helsingissä ollessaan ahkerasti Suomen Tiedeseuran sarjoissa. Acta Societatis Scientiarum Fennicae -sarjassa hänellä oli 8 julkaisua ja Öfversigt-sarjassa 22 artikkelia.

Edellä mainittujen, Bonnin observatorion heliometrilla tehtyjen kolmen työn lisäksi Kruegerilta ilmestyi Tiedeseuran sarjassa mm. tutkimus pikuplaneetta Themisin radasta ja Jupiterin siihen aiheuttamista häiriöistä. Krueger sai johdetuksi Jupiterin massan erittäin tarkasti. Hänen tuloksensa oli  $1/(1047,538 \pm 0,052)$  Auringon massaa, mikä eroaa nykyisestä arvosta noin promillen kymmenesosan [6]. Krueger julkaisi runsaasti Themisiä koskevia kirjoituksia, ensimmäinen on vuodelta 1853 ja viimeinen vuodelta 1893.

Tutkimuksessaan vuodelta 1867 Krueger määräsi tarkasti komeetan 1785 II radan ja osoitti, ettei se ollut sama kuin komeetta 1867 III. Hän kertoo kokeilleensa laskutyössä Thomasin valmistamaa laskukonetta ja kiittää sen tarkkuutta ja nopeutta kerto- ja jakolaskussa. Kruegerin mukaan laskukone oli erityisen hyödyllinen käytettäessä pienimmän neliösumman menetelmää [7]. Tuohon aikaan ja vielä pitkään sen jälkeenkin laskutyöt tehtiin yleensä logaritmitaulujen avulla.

Krueger havaitsi Helsingissä runsaasti komeettoja, joista hän raportoi Astronomische Nachrichten -lehdessä. Hän löysi Helsingissä kaksi uutta muuttuvaa tähteä, T Cassiopejan ja S Persein sekä mm. havaitsi apulaisineen vuoden 1867 auringonpimennystä ja Merkuriuksen kulkua Auringon kiekon

editse 1868. Krueger oli kiinnostunut myös ilmatieteestä. Hän julkaisi Helsingin keskilämpötiloja käsittelevän artikkelin Tiedeseuran sarjassa [8].

## Astronomische Gesellschaftin tähtiluettelo

Kuten aikaisemmin Argelanderin yhteydessä on mainittu, päätti Astronomische Gesellschaft kokouksessaan 1869 Wienissä lopullisesti kansainvälisestä ohjelmasta tähtitaivaan tarkaksi kartoittamiseksi [9]. ”Bonner Durchmusterungin” 324 198 tähdestä päätettiin havaita kaikki ne, joiden kirkkaus on vähintään  $9,0^m$  ja deklinaatio  $+ 80^\circ$  ja  $-2^\circ$  välillä. Taivaannavan ympäristössä olevien tähtien katsottiin olevan jo niin tarkasti havaitut, ettei niitä tarvinnut ottaa tähän ohjelmaan.

Työhön ilmoittautui alunperin 13 tähtitornia, mutta työn kuluessa monen vyöhykkeen havaitsijat vaihtuivat [10]. Havainnot tehtiin erilaisilla meridiaaniympyröillä. Jokainen tähti piti havaita kahdesti. Jos havainnot erosivat toisistaan liikaa, tähdestä piti tehdä vielä kolmas havainto.

Havainnot alkoivat vuonna 1868 ja saatiin päätökseen 1908. Luettelo julkaistiin 15 niteenä 1890-1910 ja siinä on 144 218 tähteä.

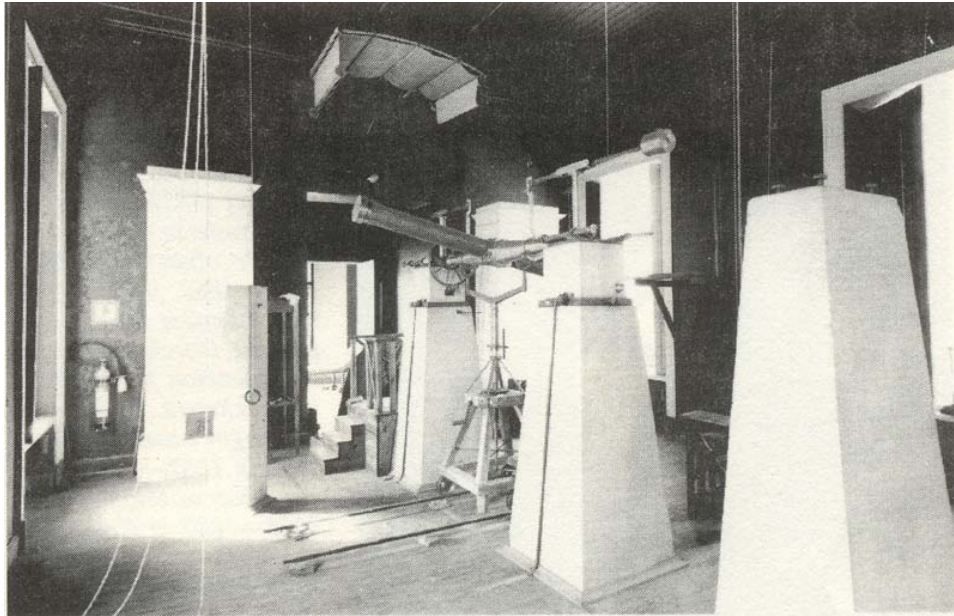
Helsingin observatorio ja Adalbert Krueger oli alusta lahtien innolla mukana luettelotyössä. Krueger valitsi melko suuren vyöhykkeen, deklinaatiovälillä  $+55^\circ \dots +65^\circ$ . Vain Bonnin, Berliinin ja Leipzigin observatorioiden vyöhykkeillä oli enemmän tähtiä. Helsingin vyöhyke oli työn kannalta edullinen, sillä se on Helsingin meridiaanissa taivaan laella, zenitissä. Siellä valon taittuminen ilmakehässä eli refraktio on pieni, ja lisäksi suoraan ylhäällä ilmakehä on rauhallinen.

Ensimmäiseksi Krueger joutui valitsemaan havaintolaitteensa. Tähän asti kaikki merkittävimmät positioastronomiset työt Helsingissä oli tehty erinomaisella Reichenbachin meridiaaniympyrällä. Krueger päätyi kuitenkin ohikulkukoneeseen. Krueger tiesi nyt valitsevansa laitetta, jonka kanssa hän joutuisi työskentelemään seuraavat kymmenen vuotta jokaisena selkeänä yönä. Päätökseen vaikutti ennen kaikkea laitteen suurempi koko. Sen objektiivin halkaisija on 66 linjaa eli 17 cm ja polttoväli 8 jalkaa eli 242 cm, kun meridiaanikoneen vastaavat mitat ovat 45 linjaa (11 cm) ja 5 jalkaa (151 cm). Ohikulkukoneen akselin pituus on noin 180 cm ja korkeus lattiasta yli 2 metriä. Siksi havaitsijalla on riittävästi tilaa kivipilarien välissä myös zenitiin katsottaessa, ja havaitsijasta lähtevä lämpö ehtii hälvetä vaikuttamatta laitteeseen haitallisesti [11].

Ohikulkukonetta ei kuitenkaan ollut tarkoitettu tähtien korkeuskulmien määrittämiseen, joten sen käyttö luettelotyöhön edellytti huomattavia muutostöitä. Onneksi yliopistolla oli käytettävissään taitava mekaanikko M. Wetzer [12]. Koska havaittavana oli vain 10 asteen levyinen tähtitaivaan vyöhyke, täydellistä pystykehää ei tarvinnut tehdä. Wetzer valmisti korkeuksien määrittämiseksi 24 asteen apukehän, jonka säde oli 38 cm. Korkeudet luettiin



Kuva 46: Kari Nikolaus Adalbert Krueger (1832-1896) oli Argelanderin assistenttina Bonnin observatoriossa 1853-1862, jolloin hän mm. havaitsi suuren osan Bonner Durchmusterung-tähtiluettelon ja -kartaston vyöhykkeistä. Krueger oli Helsingin observatorion johtaja 1862-1876, Gothan observatorion johtaja 1876-1880 ja Kielin observatorion johtaja 1880-1896, jolloin hän oli myös Astronomische Nachrichten -lehden päätoimittajana. Krueger oli naimisissa Argelanderin Helsingissä syntyneen tyttären kanssa. (Maalannut L. Bohnstedt 1879 Gothassa, on Helsingin observatoriossa)



Kuva 47: Suuri ohikulkukone Observatorion meridiaanisalin länsipäässä on valmistettu Utzschneiderin ja Liebherrin optisessa tehtaassa Münchenissä. Fraunhoferin valmistaman objektiivin halkaisija on 17 cm ja polttoväli 242 cm. Kone saapui Turkuun vuonna 1823. Argelander havaitsi sillä tähtien rektaskensioita maaliskuusta 1826 helmikuuhun 1827 (Argelander 1832). Tämän jälkeen Turun ja sitten Helsingin observatorioissa havaittiin pääasias-  
sa meridiaanikoneella, kunnes Krueger alkoi 1869 havaita ohikulkukoneella Helsingin osuutta Astronomische Gesellschaftin tähtiluettelosta. Kruegerin lähdettyä 1876 Saksaan Gothan observatorion johtajaksi, myös ohikulkukone lainattiin sinne muutamaksi vuodeksi havaintojen loppuunsaattamiseksi. Ohikulkukoneen alla olevalla laitteella voitiin koneen akselin suunta vaihtaa ja näin eliminoida konevirheitä. Vasemmalla oleva yksinäinen kivipilari on heilurikelloa varten. (Valok. Kari Hakli/Rakennustaiteen museo)



kehältä kivipilariin kiinnitetyllä mikroskoopilla.

Rektaskensio määrättiin havaitsemalla tähtiaikakellon avulla hetki, jolloin tähti kulki meridiaanin poikki. Sitä varten ohikulkukoneen näkökentässä oli yksitoista pystylankaa. Krueger käytti yleensä kolmen langan ohitusajoista saatua arvoa. Ajat hän määräsi tavallisella silmä-korvakeinolla. Siinä vilkaistiin ensiksi kellosta aika ja seurattiin sen kulkua kuuntelemalla kellon sekuntiheilurin naksahduksia samalla, kun silmällä havaittiin tähden etenemistä lankojen taitse kaukoputkessa. Kaukoputken ääressä olleen kellon käyntiä verrattiin sitten observatorion lämpimissä tiloissa olevaan Tiedon valmistamaan heilurikelloon, jossa on Kruegerin suunnittelema kompensoitu heiluri [13]. Kruegerilla oli melkein aina apulainen, joka luki mikroskoopilla tähden korkeuskulman.

Ensimmäinen vyöhyke eli zooni havaittiin Helsingissä 30.8.1869. Kruegerin vapaaehtoisena apulaisena toimi Viipurissa syntynyt Wilhelm Fabritius (1845-1895) elokuuhun 1871 saakka. Kesällä 1870 ja 1871 Fabritius havaitsi yksin, kun Krueger oli käymässä Saksassa.

Syyskuussa 1871 Fabritius siirtyi Bonnin observatorioon havaitsemaan sen osuutta luettelotyössä. Hän kävi 24.5.1873 Helsingissä väittelemässä tohtoriksi. Vuosina 1873-1876 Fabritius toimi Pulkovassa laskija-astronomina ja sen jälkeen Kiovan observatorion observaattorina [14].

Lokakuusta 1871 Kruegerin apulaisena toimi observatorion amanuenssi Sakris Levänen marraskuuhun 1874 saakka, jolloin havaintoapulaiseksi tuli Georg Dreijer, joka sittemmin toimi observaattorina aina vuoteen 1911 saakka.

Krueger ja Dreijer havaitsivat viimeisen vyöhykkeensä (nro 495) Helsingissä 11.5.1876. Tällöin oli jo yli 70% havainnoista tehty.

Vuonna 1876 Krueger kutsuttiin Gothan observatorion johtajaksi tai vaanmekaniikan tutkijana tunnetun Hansenin kuoltua [15]. Krueger pyysi Helsingin yliopiston konsistorilta, että ohikulkukone lainattaisiin hänelle Gothaan muutamaksi vuodeksi vyöhykehavaintojen loppuunviemiseksi. Konsistori suostui pyyntöön. Ohikulkukone saapui Gothaan toukokuussa 1877 [16] ja ensimmäinen vyöhyke havaittiin siellä jo 31. heinäkuuta.

Kruegerin apulaiseksi Gothaan tuli 22-vuotias suomalainen Anders Donner, joka oli saanut sieltä amanuenssin toimen. Donner lähti Gothasta lokakuussa 1878 Helsinkiin väitöskirjaansa puolustamaan. Tällöin oli tehty jo yli 90 % vyöhykehavainnoista.

Donnerin jälkeen Kruegeria avusti vyöhykehavainnoissa L. de Ball. Viimeiseksi Gothassa havaittiin 19.8.1880 vyöhyke nro 683. Tämän jälkeen Krueger lahti Kieliin observatorion johtajaksi, samalla hänestä tuli Astronomische Nachrichten -lehden päätoimittaja. Ohikulkukone palautettiin Helsinkiin.

Helsingissä hoiti tähtitieteen professuuria fyysikko A. F. Sundell. Lukuvuonna 1881-1882 Sundell, Donner ja Dreijer havaitsivat 25 täydentävää vyöhykettä. Vielä syksyllä 1884 Donner ja Dreijer havaitsivat 14 vyöhykettä,

[illegible]





Kuva 49: Observatorion pohjoinen sisäänkäynti ja piha. (Valok. Kari Hakli / Rakennustaiteen museo)

viimeisen 12. joulukuuta.

Helsingin-Gothan noin 30 000 vyöhykehavaintoa julkaistiin Helsingin yliopiston kustantamana 1883 ja 1885 [17]. Varsinaisen tähtien kasvavan rektaskension mukaisen Helsingin-Gothan luettelon julkaisi Astronomische Gesellschaft 1890. Siinä on 14680 tähteä [18]. Helsingin ja Gothan pienet observatoriot suorittivat osuutensa tässä kansainvälisessä yhteistyössä nopeasti ja huolellisesti. Huolimatta siitä, että vyöhyke oli suurimpia, Krueger apulaisineen sai osuutensa ensimmäisenä valmiiksi. Havainnoissa saavutettiin myös hyvä tarkkuus. Helsingissä yhden havainnon todennäköinen virhe oli rektaskensiossa 0,101 aikasekuntia ja deklinaatiossa 0,51 kaarisekuntia. Gothassa ei päästy aivan samaan tarkkuuteen, virheet olivat 0,125 s. ja 0,76" [19].

# Hugo Gyldén ja taivaanmekaniikan kukoistuskausi

Lexellin jälkeen ei Suomessa ollut kovin merkittävää taivaanmekaniikan tutkimusta. Vasta Johan August Hugo Gyldénin (1841-1896) tutkimukset suuntautuivat tälle tähtitieteen alalle. Vaikka Hugo Gyldén suorittikin pääosan elämäntyöstään ulkomailla, hän vaikutti maamme tähtitieteen kehitykseen. Siksi on paikallaan tarkastella tässä hänen toimintaansa.

Gyldén sai opinnoissaan hyvin vähän ohjausta. Häntä voi kirjaimellisesti pitää itseoppineena. Hugo Gyldén ei käynyt lainkaan koulua, vaan hän sai opetusta isältään, kreikan kielen ja kirjallisuuden professori Nils Abraham Gyldéniltä. Opetus oli kuitenkin epäsäännöllistä, joten nuori Hugo joutui suureksi osaksi hankkimaan tiedot omin päin. Jo ennen ylioppilastutkintoon hän kiinnostui luonnontieteistä [1]. Kaikesta huolimatta Gyldén suoritti ylioppilastutkinnon 16-vuotiaana erinomaisin arvosanoin ja filosofian kandidaatin tutkinnon pää aineenaan matematiikka ja tähtitiede ennen kuin täytti 19 vuotta.

Vuonna 1861 Gyldén lähti opintomatkalle Saksaan. Siellä hän työskenteli pääasiassa Gothassa. Gothan observatorion johtajana oli tuohon aikaan eräs aikansa merkittävimmistä taivaanmekaniikan tutkijoista Peter Andreas Hansen (1795-1874). Gothassa Gyldén julkaisi kaksi tutkimusta taivaanmekaniikasta. Ensimmäinen, vuodelta 1861 "Beräkning af en teori för planeten Neptunus"[2] oli tarkoitettu väitöskirjaksi ja käsitteli viisitoista vuotta aikaisemmin löydetyn Neptunuksen rataa Hansenin kehittämän menetelmän mukaan laskettuna.

Toinen, seuraavana vuonna ilmestynyt tutkimus "Framställning af formler för beräkningen af en parabolisk kometbana med tillgrund läggande af koordinater, hänfödda till equation jemte tillämpning af dessa formler på beräkningen af elementerna för kometen VIII 1858"[3] oli tarkoitettu puolestaan dosentuuria varten. Molemmat hyväksyttiin tarkoitukseensa, vaikkakin niissä olleita puutteita kritisoitiin.

Kun Gyldén oli Gothassa, tuli tähtitieteen professuuri Helsingissä avoi-



Kuva 50: Johan August Hugo Gylden (1841-1896) väitteli Helsingin yliopistossa 1861 tohtoriksi, oli tähtitieteilijänä Pulkovan keskusobservatoriossa 1863-1871 ja oli Tukholman observatorion johtajana 1871-1896.

meksi. Tointa haki Adalbert Krueger. Lähes kaksi kuukautta myöhästyneenä saapui nuoren Gyldénin hakemus, eikä konsistori voinut ottaa sitä huomioon [4]. Syksyllä 1862 Gyldén palasi Helsinkiin ja nimitettiin tähtitieteen dosentiksi. Opetusta hän ei kuitenkaan ehtinyt antaa, sillä hän sai Yliopistolta apurahan ja matkusti sen turvin Pulkovaan jatkamaan opintojaan. Vuoden 1863 joulukuussa hänet nimitettiin Pulkovan observatorion apulaisastronomiksi ja vuonna 1865 vanhemmaksi astronomiksi. Gyldén oli tällöin 23-vuotias. Jo vuoden 1864 lopussa hän sai pyynnöstään eron Helsingin dosentuuristaan, missä ei koskaan ollut opetusta antanut.

Pulkovassa Gyldén teki havaintoja Ertelin vertikaaliympyrällä vuosina 1864-1871 [5]. Hän sai käsiteltäväkseen myös C. A. F. Petersin (1806-1880) vuosina 1842-1849 tekemät havainnot. Havaintoja redusoidessaan Gyldén joutui paneutumaan mm. ilmakehän aiheuttamaan tähden näennäisen paikan muutokseen eli refraktioon. Hän teki uuden matemaattisen teorian refraktiosta ja laati tämän perusteella refraktiotaulut, joita käytettiin vuosikymmeniä [6]. Työllään Gyldén saavutti huomiota tähtitieteilijäpiireissä. Lisäksi hän paneutui taivaanmekaniikkaan, joka tuli olemaan hänen myöhemmän tutkimuksensa pääkohde.

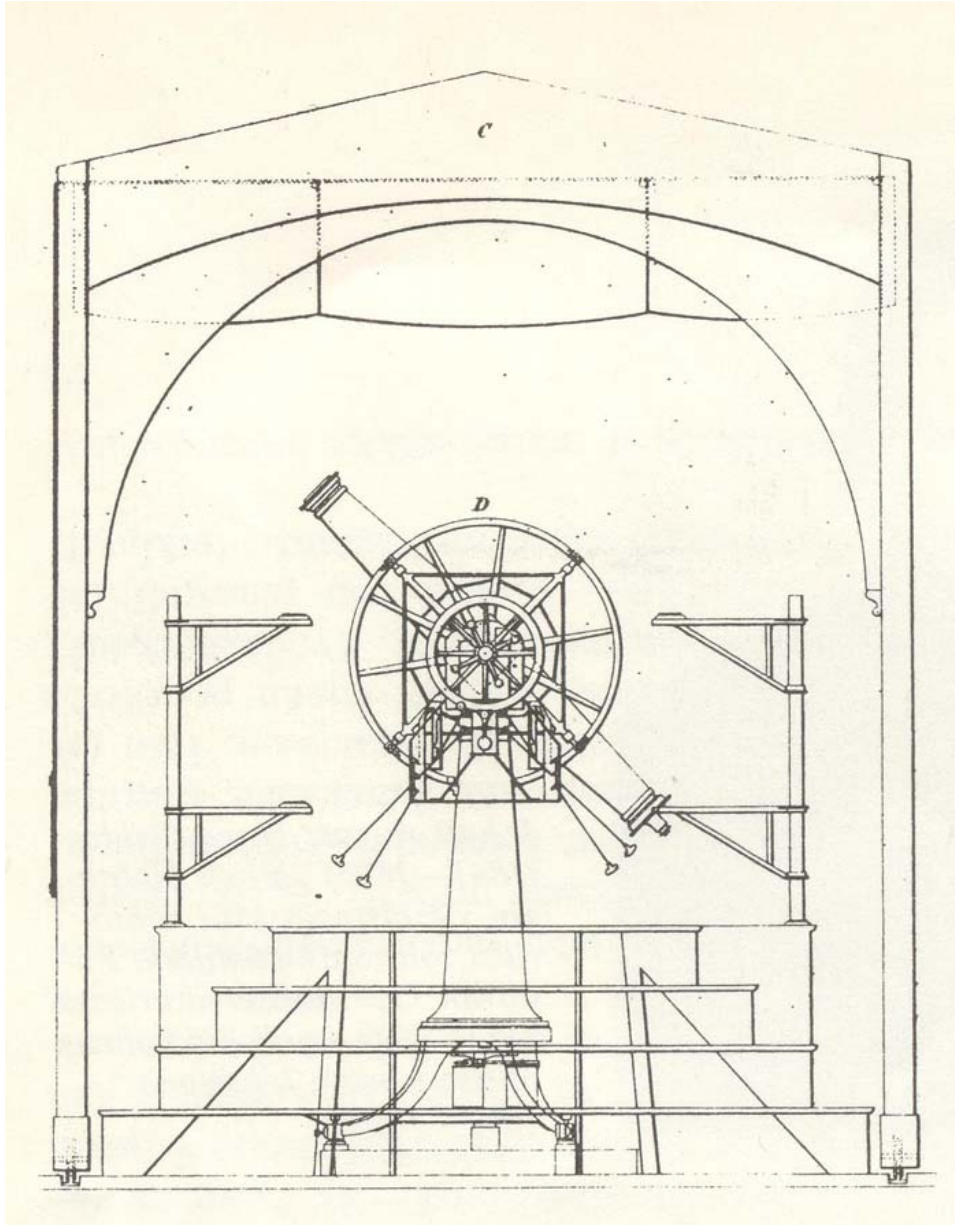
Lexellin ajoista taivaanmekaniikka ja matematiikka olivat kehittyneet voimakkaasti. Useat kahdeksannentoista ja yhdeksännentoista vuosisadan johtavat matemaatikot kehittivät laskentamenetelmiä juuri taivaanmekaniikan tarpeisiin.

Newtonilainen taivaanmekaniikka oli kulkenut voitosta voittoon. Jo 19. vuosisadan alussa Gauss oli kehittänyt yleisen menetelmän taivaankappaleiden ratojen määrittämiseksi kolmen havainnon perusteella. Kun Gyldén oli viisivuotias, oli taivaanmekaniikka saavuttanut erään suurimmista voitoistaan: Neptunus oli löydetty Uranuksen liikkeessä havaittujen häiriöiden perusteella laskemalla.

Häiriöteorioita kehitettiin planeettojen ratojen laskemiseksi entistä tarkemmin. Vakavana haittana oli kuitenkin laskujen monimutkaisuus. Kynällä, paperilla ja logaritmitauluilla varustautuneelta taitavaltakin laskijalta kului melkoinen tovi yksinkertaiseenkin radanmääräykseen. Oli siis tarpeen yrittää kehittää yksinkertaisempia käytännön menetelmiä.

Toinen tärkeä kysymys oli aurinkokunnan stabiilisuus, eli olivatko planeetat pysyvillä radoilla. Periaatteessa kyseessä on monen kappaleen ongelma, jossa kappaleiden radat täytyy laskea miljoonien vuosien pituisille ajanjaksoille. Ongelmana oli mm. selvittää, kuinka hyvin häiriöteoriat vastasivat todellisuutta ja kuinka pitkällä aikavälillä käytetyt menetelmät pätevät. Aurinkokunnan stabiilisuuden todistaminen analyttisin menetelmin oli siis jo periaatteessa erittäin vaikea tehtävä.

Eräs Gyldénin saavutuksista oli elliptisten funktioiden käyttöönotto häiriöteoriassa. Gyldén halusi lyhentää Hansenin menetelmässä käytettyjä laskuja niin, että ne voitaisiin käytännössä helpommin suorittaa. Koska elliptisiä funktioita ei aiemmin ollut käytetty tähtitieteessä, täytyi Gyldénin ensin



Kuva 51: Ertelin vertikaaliympyrä, jolla Gylden havaitsi Pulkovan observatoriossa 1864-1871. (W. Struve 1845, planches)



Kuva 52: Gyldénin tullessa Tukholman observatorion johtajaksi 1871, se oli tuskin muuta kuin esimiehen asunto. Havaintolaitteina siellä oli meridiaanikone ja pieni ohikulkukone, eikä observatoriossa ollut lainkaan kääntyvää tornia. Valtiopäivien ja tiedeakatemian myönnettyä 66 000 kruunua, observatorion katolle rakennettiin pyörivä torni, joka valmistui 1877. Siihen sijoitettiin 7 tuuman refraktori. (Nordenmark 1926, s. 111-112, valok. sika-rilaatikon kannesta 1890-luvun alusta. Vertaa kuvaan tämän kirjan kuvaan [11](#).

kehittää tarkoitukseen soveltuvia kaavoja. Näillä tutkimuksillaan hän saavutti huomiota myös matemaattikkopiireissä. Myöhemmin Gyldén julkaisi joukon laskutoimituksiin parhaiten soveltuvia kaavoja ja aputaulukoita.

Vuonna 1871 Gyldén muutti Tukholmaan, Tiedeakatemian observatorion johtajaksi, missä virassa hän toimikin kuolemaansa saakka Tukholmassa Gyldén jatkoi häiriöteorian tutkimuksiaan. Hän totesi, että siihenastisissa häiriöteorioissa ei häiriötä tunnettu riittävän pitkälle aikavälille.

Perinteisessä häiriöteoriassa lähtökohtana on ellipsi, jota deformoidaan pienillä häiriöillä. Tavallisesti ne esitetään sarjakehitelminä, joihin otetaan mukaan yksi tai useampia termejä. Käytännössä laskut tulevat lähes ylivoimaisen vaikeiksi jo toisen asteen termeillä. Niinpä pitkien aikavälien yli integroitaessa saattoi häiriön vaikutus tulla täysin väärin otetuksi huomioon.

Gyldén luopui ellipsistä lähtökohtana ja valitsi toisen käyrän viivan, jota hän nimitti intermediaariseksi radaksi. Tämä saatiin siten, että jo alkutilanteessa otettiin huomioon sopiva määrä muiden planeettojen aiheuttamia

häiriöitä. Tulokset hän julkaisi useissa artikkeleissa vuosina 1881-1882.

Jatkaessaan tutkimuksiaan Gyldén huomasi, että intermediaarinen ratakaan ei ollut tarpeeksi tarkka lähtökohta. Siksi hän koetti löytää vielä yleisemmän radan, jota hän nimitti absoluuttiradaksi. Tämän tuli olla sellainen, että todellisen radan poikkeama minä ajan hetkenä tahansa oli hyvin pieni. Absoluuttiradan löytäminen olikin Gyldénin tärkeimpänä päämääränä hänen elämänsä loppuaikoina [7]. Jotkut Gyldénin tulokset on myöhemmin todettu virheellisiksi, eikä hän yrityksistään huolimatta onnistunut osoittamaan absoluuttiratojen olemassaoloa.

Vuonna 1879 tarjottiin Helsingissä vapautunutta tähtitieteen professuuria Gyldénille, mutta hän kieltäytyi, koska ei halunnut keskeyttää Tukholmassa aloittamiaan havaintoja. Hän vastasi kieltävästi myös Göttingenistä ja Gothaan tehtyihin tarjouksiin.

Gyldén vaikutti maamme tähtitieteeseen monin tavoin. Mm. Anders Donner harjoitti jatko-opintojaan Tukholmassa ja hänen 140-sivuinen väitöskirjansa ”Eine Methode der Anwendung der Gyldénschen Störungstheorie zur Berechnung der absoluten Störungen der kleinen Planeten” vuodelta 1882 käsittelee Gyldénin häiriöteoriaa.

Taivaanmekaniikan lisäksi Gyldén julkaisi tutkimuksia monilta muilta-kin aloilta, mm. Maan pyörimisestä, muuttuvien tähtien valonvaihteluista, sekä tähtien etäisyyksistä ja liikkeistä. Kaikkiaan hänen tieteellinen toimintansa käsittää noin 250 julkaisua [8]. Hän oli myös Pariisin, Berlinin ja Pietarin tiedeakatemioiden kunnia- tai kirjeenvaihtajajäsen ja Astronomische Gesellschaftin hallituksen jäsen, varapuheenjohtaja ja vuodesta 1889 sen puheenjohtaja.



# Suuri tähtivalokuvausohjelma

## Viran täyttö Kruegerin jälkeen

Adalbert Krueger oli siirtynyt 1876 Gothaan Saksaan, eikä kotimaasta pätevää seuraajaa vielä löytynyt. Tähtitieteen professorin virkaa hoiti fysiikan professori A. F. Sundell (1843-1924) aina vuoteen 1882 saakka. Vuonna 1879 virkaa tarjottiin Hugo Gyldénille, mutta hän kieltäytyi.

Vuoden 1880 lopussa virka julistettiin haettavaksi 26-vuotiaan Anders Donnerin (1854-1938) pyynnöstä.

Anders Severin Donner syntyi 5.11.1854 Kokkolassa. Hän valmistui filosofian kandidaatiksi vuoden 1875 lopussa aineinaan matematiikka, fysiikka, tähtitiede, kemia ja kasvitiede. Korkeimman arvosanan tähtitieteessä hän suoritti vasta tutkintonsa jälkeen.

Valmistuttuaan Donner lähti jatkamaan matematiikan opintojaan ulkomaille, aluksi Leipzigiin ja Königsbergiin. Berliinissä hän seurasi erityisesti Weierstrassin (1815-1897) luentoja elliptisistä funktioista [1]. Donnerin tähtäimessä oli lisensiaattiväitöskirja matematiikan alalta.

Adalbert Krueger jatkoi Gothassa aloittamiaan vyöhykehavaintoja Helsingistä lainatulla ohikulkukoneella. Donner oli opiskellut hänen johdolla tähtitiedettä ja siirtyi 1877 amanuenssiksi Gothaan avustamaan vyöhykehavainnoissa. Hän viipyi siellä vuoden 1878 lokakuuhun.

Matemaattinen väitöskirja "Om uttrycken för entydiga elliptiska funktioner" valmistui vuoden 1879 joulukuussa Helsingissä ja Donner sai seuraavana vuonna filosofian tohtorin arvon.

Hän lähti jälleen ulkomaille, nyt Tukholmaan, jossa Hugo Gyldén oli toiminut vuodesta 1871 lähtien observatorion johtajana. Donnerin päämääränä oli pätevyitä Helsingin yliopiston tähtitieteen professorin virkaan.

Puolitoista vuotta Donner työskenteli Tukholmassa. Hän teki jonkin verran havaintoja ohikulkukoneella, mutta keskittyi taivaanmekaniikkaan, pääasiassa häiriöteoriaa koskeviin tutkimuksiin. Kruegerin ja Gyldénin johdolla Donner perehtyi myös klassillisen, tähtien paikkojen määräykseen keskittävän havaitsevan tähtitieteen alaan hyvin. Vuoden 1881 lopussa Donner nimitettiin Helsinkiin tähtitieteen dosentiksi.

Helsingin professorin virkaa hakivat Donnerin lisäksi filosofian maisteri R. Fr. Rancken ja Tarton observaattori A. Lindstedt. Pätevyitymisajan

päätyesssä syyskuussa 1882 ainoastaan Donner jätti professorinväitöskirjan tarkastettavaksi. Se koski Gyldénin häiriöteorian soveltamista Jupiterin pikkuplaneettojen ratoihin aiheuttamien häiriöiden laskemiseen [2]. Työ oli luonteeltaan teoreettinen. Se hyväksyttiin, mutta se aiheutti myös jonkin verran arvostelua [3]. Anders Donner nimitettiin professorin virkaan 4.1.1883.

Donner keskittyi Helsingissä havaintotöihin. Hän täydensi ohikulkukoneella puuttuvat AG-luettelon havainnot. Lisäksi hän käytti yhdeksän jalan pituista, seitsemän tuuman objektiivilla varustettua refraktoria ja meridiaaniympyrää. Hän julkaisi vuosina 1883-1888 useita tutkimuksia pimenyksistä, komeetoista, pikkuplaneetoista ja tähdenpeitoista *Astronomische Nachrichten*issa ja Tiedeseuran sarjoissa. Työt olivat yleensä paikan- tai ajanmääräyksiä tai radanmääräyksiä.

Mainittakoon, että Kapkaupungin observatorion johtaja David Gill (1843-1914) oli *Astronomische Nachrichten*issa [4] ehdottanut pikkuplaneettojen Victoria ja Sappho havaitsemista meridiaanikoneella eri puolilla maapalloa. Päämääränä oli määrätä Maan ja Auringon välinen etäisyys. Donner havaitsi kumpaistakin kesällä ja syksyllä 1883 ja lähetti havainnot Gillille marraskuussa 1883 [5]. Gill kiitti kohteliaasti kuukautta myöhemmin.

Vuonna 1891 julkaistu Donnerin komeettatutkimus käsittelee paikkahavaintojen lisäksi myös pyrstötähtien muodon ja kirkkauden vaihteluja [6]. Havainnot oli tehty yhdeksän jalan refraktorilla.

## Suuren refraktorin hankkimisyritys

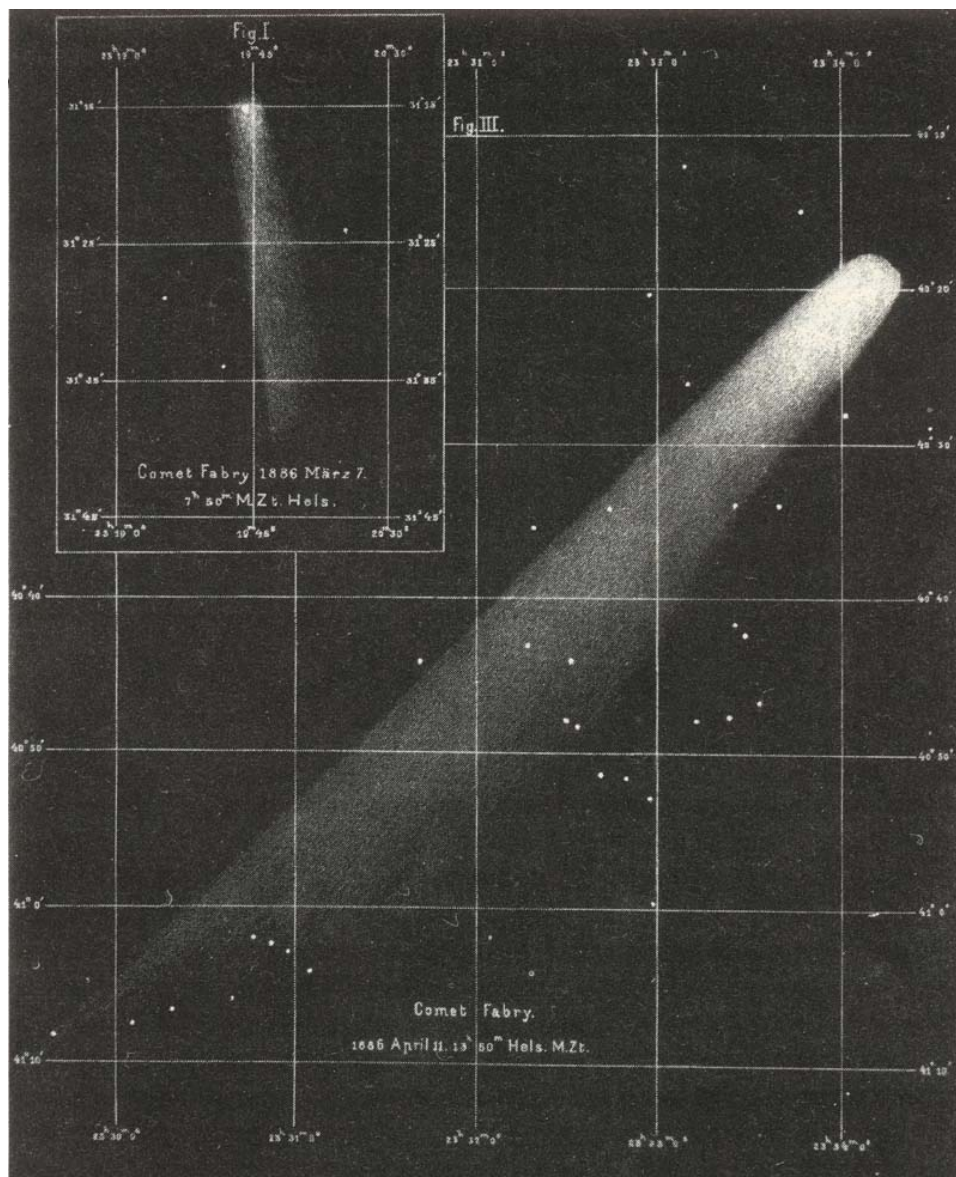
Donner totesi pian, että observatorion instrumenttivarustus oli vanhentunut. Refraktori oli auttamatta pieni, eivätkä meridiaaniympyrä ja ohikulkukone Donnerin mielestä tarjonneet kylliksi mahdollisuuksia. Hän halusi kuitenkin havaintotoimintaa.

Kesällä ja syksyllä 1884 Donner kävi kirjeenvaihtoa hampurilaisen, tähtitieteellisiä instrumentteja valmistavan A. Repsold & Söhne -yrityksen kanssa kysellen mahdollisia refraktoreja ja niiden hintoja. Puhetta oli kymmenen, kahdentoista ja neljäntoista tuuman objektiivin-läpimitoista. Donner pyysi myös tarkkoja tietoja jalustan ja kupolirakennuksen mitoista [7].

Joulukuun 15. päivänä 1884 Donner esitti konsistorille, että yliopisto hankkisi 14 tuuman eli 36 cm refraktorin, jonka polttoväli olisi 19 jalkaa eli 580 cm ja että sille rakennettaisiin erillinen torni observatorion puutarhaan. Hankkeen rahoittamiseksi hän esitti otettavaksi 100 000 mk Yliopiston tullirahastosta observatoriorahastosta tulevan 10 000 markan lisäksi. Summalla saataisiin teleskoopin lisäksi ajanmukaiset lisälaitteet. Donner pyysi myös 2 500 markan tukea matkustaakseen seuraavana kesänä tutustumaan parhaisiin tähtitieteellisiin laitoksiin ja instrumenttien valmistajiin Ranskassa, Englannissa ja Saksassa. Asiasta päätettiin pyytää filosofisen tiedekunnan



Kuva 53: Anders Severin Donner (1854-1938) huhtikuussa 1876. (Observatorio)



Kuva 54: Donnerin piirroksia vuonna 1886 näkyneestä Fabryn komeetasta, Havainnot tehtiin Observatorion seitsemän tuuman refraktori/la. (Donner 1891)



fyysis-matemaattisen osaston lausunto [8]. Yliopistossa hanke jäi lepäämään joksikin aikaa, mutta Donner toimi innolla.

Joulukuun 19. päivänä 1884 Donner kirjoitti Gyldénille Tukholmaan ja kertoi jättäneensä ehdotuksen 14 tuuman refraktorin hankkimisesta [9]. Teleskooppia varten tarvittaisiin uusi rakennus. Kun rakennuksen hinta ei kovin jyrkästi riipu koosta, kannattaisi Donnerin mielestä hankkia kyllin suuri kaukoputki, koska kerran hankittuna se täyttäisi tarpeet vuosikymmeniksi. Donner viittasi myös hyviin kokemuksiin, joita samankaltaisella refraktorilla oli saatu Pulkovassa, jossa ilmasto oli hyvin samanlainen kuin Helsingissä.

Pulkovaan oli 1839 pystytetty Merzin ja Mahlerin valmistama refraktori, jossa oli 38 cm (15 tuuman) objektiivi. Vuonna 1885 sinne valmistui Repsoldin suuri linssikaukoputki, jonka 76 cm:n objektiivin oli tehnyt Alvan Clark (1832-1897) [10].

Kirjeessään Gyldénille Donner arvioi Helsingin refraktorihankkeen toteutumismahdollisuudet hyviksi, varsinkin jos tukea voisi saada Gyldéniltä. Hän arvelee myös, että Kruegerilta tuskin kannatusta saa, koska tämä lienee kiinnostunut vain meridiaanihavainnoista.

Donner mainitsee anoneensa myös matkarahaa voidakseen käydä tutustumassa ulkomaisiin observatorioihin ja instrumenttien valmistajiin. Lopuksi hän esittelee innolla pariisilaisen Loewyn taitettua teleskooppikonstruktiota. Kirjeeseen piirretty luonnos ei täysin vastaa ko. kaukoputken rakennetta [11].

Gyldén vastasi vuoden 1884 viimeisenä päivänä [12]. Hän ei ollut kovinkaan vakuuttunut Donnerin hankkeesta. Gyldén lausui käsityksensä, että Itämeren piirissä ei suuria refraktoreita kannata pystyttää, varsinkaan 60. leveysasteelle. Talvisin on ilma läpinäkymätöntä ja kesäisin yöt valoisia. Toiminta-aika rajoittuu sen vuoksi kovin, joskin jotakin voi tehdä, kuten Pulkovan työt osoittavat. Gyldénin mielestä on myös selvää, että ne on tehty epäsuotuisissa olosuhteissa [13].

Gyldén sanoi kuitenkin, että hänestä voisi olla syytä pitää suurta refraktoria toivottavana, jos Donnerilla olisi jo ajateltuna jokin tutkimusohjelma, joka sillä voitaisiin suorittaa. Hän pyysi tietoja ohjelmasta ja lupasi sitten toimittaa julkisen kirjeen Yliopistolle. Hän huomautti lopuksi, että ellei sellaisia suunnitelmia vielä ole, olisi harkittava, eivätkö meridiaaniympyrä ja kahdeksan tai yhdeksän tuuman refraktori olisi neljätoistatuumaisia parempia.

Donnerin vastauskirje lähti Gyldénille tammikuun toisena 1885 [14]. Hän totesi, että isompi ja nykyaikaisempi meridiaaniympyrä voisi olla toivottava. Vanha kone on kuitenkin mainiossa kunnossa ja tarkkaan tutkittu. Ohikulkukone palvelee vielä paremmin. Tosin sillä ei saavuteta samaa tarkkuutta kuin muualla, esimerkiksi Pulkovassa saadaan, mikä on kummallista, kun pystytys on ihmeen tukeva. Seitsemän tuuman refraktori on sen sijaan monessa suhteessa puutteellinen ja paikka päärakennuksen katolla huono.

Donner myönsi, että Pulkovaan saatava suuri, 76 cm:n (30 tuuman) re-

fraktori tulee paljolti jäämään kerskailuksi, mutta neljäntoista tuuman teleskoopilla sentään voi yhtä ja toista tehdä suotuisina kuukausina, jotka sisältävät lähes puolet vuoden selkeistä öistä.

Donner esitti kirjeessään havainto-ohjelmaluonnoksen. Hän kertoi aikovansa ryhtyä havaitsemaan sumuja, mittaamaan niiden osien paikkoja mikrometrin avulla ja määrittämään niiden kirkkauksia. Fotometriseen tehtävään hän aikoi käyttää maitolasikiilaa, jolla voitaisiin peittää sumun lähistöllä näkyvä vertailutähti. Hän huomautti, että tällainen mittaus olisi ilmakehän läpinäkyvyyden vaihteluista jokseenkin riippumaton.

Donner sanoi, ettei hänen tietääkseen sumuista ole kuin valokuvia ja piirroksia, jotka eivät vielä anna luotettavaa kuvaa sumuista. Vapaalla kädellä piirrettäessä syntyy monia virheitä. Olisi päästävä tässäkin lukuihin.

## Tähtivalokuvauksen tulo

Kesäkuussa 1885 ruotsalaissyntyinen Oscar Backlund (1846-1916), joka oli jo kuuden vuoden ajan työskennellyt Pulkovassa, kirjoitti ystävälleen Donnerille [15]. Donner oli pyytänyt Backlundin apua saadakseen tietoja venäläis-skandinaavisen kolmiomittauksen pisteistä. Backlund kertoi asian edistymisestä ja kysyi sitten refraktorisuunnitelmista. Hän kiinnitti huomiota valokuvuihin, joita Henryn veljekset Pariisin observatoriossa olivat äskettäin aikaansaaneet konstruoimallaan valokuvausteleskoopilla.

Backlund jatkoi: "Olen täten vakuuttunut, että käytännön tähtitiede on uuden aikakauden alussa ja että nykyiset tähtitieteelliset kojeet ovat kohta antiikkiesineitä, korkeintaan fundamentaalimääräyksiin käytettävät kojeet säilynevät hiukan pitempään." Backlund tarkoitti meridiaanihavaintokoneita. Hän jatkoi: "Mutta on jo aikakin, että tällä alalla tapahtuu jotakin, sillä edistysaskeleet, joita on otettu Besselin ja Struven päivien jälkeen, ovat oikeastaan vain kukonaskel. jos olet päättänyt hankkia uuden kojeen, on minusta tärkeää, että matkustat Pariisiin ja tutkit uusia asioita, ennen kuin päädyt johonkin määrättyyn instrumenttiin."

Valokuvaus oli edistynyt J. N. Niepcen (1765-1833), L. J. M. Daguerren (1789-1851) ja J. Herschelin (1792-1871) 1820- ja 1830-luvun kokeiluista ja heidän keksimistään hitaista menetelmistä F. S. Archerin 1851 kehittämään, varsin nopeaan märkäkolloidimenetelmään. Valokuvausta, lähinnä daguerrotypiaa sovellettiin tähtitieteeseen jo vuodesta 1840 lähtien, jolloin J. W. Draper (1811-1882) otti ensimmäiset kuvat Kuusta. W. C. Bond (1789-1859) ja J. A. Whipple kuvasivat Vegan ja Castorin daguerrotypian avulla vuonna 1850.

Valokuvaus oli vielä paitsi varsin hidasta, myös hankalaa. Valokuvausmateriaali oli valmistettava kuvauspaikalla, valotettava märkänä ja välittömästi kehitettävä. R. L. Maddoxin vuonna 1871 keksimä hopeabromidi-gelatiini-emulsio mullisti valokuvaustekniikan. Nyt levyt voitiin valmistaa teollisesti

etukäteen, varastoida, valottaa mielivaltaisen pitkään, eikä kehittämisellä ollut välitöntä kiirettä.

Uuden kuivalevytekniikan välittömän tähtitieteellisen käytön esteenä olivat lähinnä linssikaukoputkien objektiivit. Ne olisivat olleet kyllin valovoimaisia heikkovaloisten kohteiden, kuten sumujen ja tähtien kuvaamiseen. Mutta niiden kuvausvirheet oli korjattu kellanvihreää valoa varten, jolle ihmissilmä on herkin. Valokuvausemulsio sen sijaan olikin herkkä violetinsinille valolle.

Valokuvausta varten jouduttiin suunnittelemaan ja valmistamaan uudenlaiset objektiivit. Lisäksi täytyi kiinnittää huomiota kuvakentän laajuuteen. Visuaalihavainnoissa tarvittiin yleensä vain kuva-alan keskustaa ja siinä mahdollisimman hyvää erotuskykyä. valokuvauslevylle kuvautui jopa monen asteen läpimittainen kenttä, mutta kuvan laitoja kohti tähtien kuvat nopeasti huononivat objektiivin kuvausvirheiden vuoksi [16].

Uutta kuvausmenetelmää sovellettiin ensinnä laajasti tähtien spektriluokitteluun. Henry Draper (1837-1882) aloitti kokeilunsa 1872 ja saavutti kuolemaansa mennessä lupaavia tuloksia. Hänen työtään jatkettiin Harvardin observatoriossa Edward C. Pickeringin (1846-1919) johdolla vuosina 1885-1918. Tuloksena syntyi yli 225 000 tähden spektriluettelo "Henry Draper Catalogue of Stellar Spectra"[17].

Taivaan suoraankin valokuvaamiseen sopivia kaukoputkia alettiin kehittää. Vuonna 1885 veljekset Paul (1848-1905) ja Prosper (1849-1903) Henry julkaisivat Pariisin observatoriossa valmistamallaan valokuvausteleskoopilla, astrograffilla, ottamiaan kuvia [18].

Backlund sai Donnerin kiinnostumaan Henryn veljesten kuvista ja tähtivalokuvauksesta. Donner kävi vielä samana kesänä 1885 Pulkovassa, jossa observatorion johtaja Otto Struve esitteli hänelle alkuperäisiä kuvia ja kommentoi niitä [19].

Sekä Gyldeniltä että Kruegerilta pyydettiin lausuntoa refraktorihankkeesta. Kumpikin epäili suuren refraktorin tarkoituksenmukaisuutta ja piti sitä saavutettavaan tieteelliseen hyötyyn nähden kalliina. Gylden ehdotti lausuntoa edeltävässä kirjeessään Donnerille yhdeksän tai kymmenen tuuman refraktoria ja pikkuplaneettojen havainto-ohjelmaa [20]. Krueger pahoitteli kirjeessään marraskuussa 1885 Donnerille, ettei voinut hänen hankettaan kannattaa, mutta toivoi, että iso uusi kaukoputki ja torni myönnettäisiin [21].

Hanke jäi edelleen pöydälle, ja Donnerille myönnettiin rahat kesällä 1886 tehtävää matkaa varten, jotta hän voisi tutustua observatorioihin ja niiden havaintotyöskentelyyn sekä instrumenttien valmistajiin.

Helmikuussa 1886 Backlund kirjoitti Donnerille [22]. Hän oli kuullut Donnerin matkasuunnitelmasta. Backlund sanoi toivovansa ja olevansa vakuuttunut, että Pariisissa käytyään Donner tulee innolla vaatimaan taivaanvalokuvaukseen tarkoitettua neljäntoista tuuman teleskooppia: "Niiden tarkojen tutkimusten perusteella, joita olemme täällä Henryn veljesten valoku-



vista, myös levyistä tehneet, olemme me täkäläiset astronomit vakuuttuneet, että olemme kasvatusten käänteentekevän keksinnön kanssa ja että tästä lähtien käytännöllinen tähtitiede redusoituu valokuvaukseksi."

Backlund jatkoi kuvaamalla mitä valokuvaus tulee merkitsemään eri tähtitieteen aloilla: "Seulasten sumun löytyminen on voitu vahvistaa 30-tuumaisella, mutta ei 15-tuumaisella. Pikkuplaneettojen metsästys on enää tarpeetonta, valokuvista ne erottuvat viivoina, pitempinä tai lyhyempinä valotusajan mukaan. Kaksoistähtihavainnot, sumuhavainnot ja taivaankartoitus kuuluvat tästä hetkestä lähtien valokuvaukseen. Mutta myös tarkkuustähtitiede, siinä määrin kuin se on differentiaalista, kuuluu myös valokuvaukseen." Backlund tarkoitti, että kun valokuvan näkökentässä on tähtiä, joiden koordinaatit tunnetaan, voidaan kuvan muiden tähtien koordinaatit mitata niiden suhteen.

Backlund jatkoi: "Pariisissa on osoitettu ja täällä vahvistettu, että valokuvasta mitataan suuremmalla tarkkuudella ja tietysti verrattomasti lyhyemmässä ajassa kuin suoraan." Tässä suoraan mittaaminen tarkoitti meridiaaniympyrällä tai vastaavalla yksitellen tehtyjä havaintoja sekä niiden tarkkuutta ja nopeutta.

Ja vielä Backlund huomautti valokuvan fotometrisestä käytöstä: "Wagner on osoittanut, että mittaamalla valokuvista (tähtien) kuvien läpimitan saa objektiivisemmän arvion tähtien suuruudesta (= valovoimasta) kuin parhailla fotometreilla (Pickeringin, Zöllnerin jne.)." Pickering oli soveltanut Harvardin observatoriossa 1880-luvulta lähtien Johann Zöllnerin (1834-1882) vuonna 1859 keksimää visuaalifotometriä, joka perustui Nicolin prisman valoa polaroivaan ominaisuuteen. Menetelmässä verrattiin tähteä kerrallaan standarditähteen, joko Pohjantähteen tai Lambda Ursae Minoris -tähteen, kun tutkittava tähti oli meridiaanissa.

Lopuksi Backlund vielä korosti: "Tekisit suuren virheen, jos tyytyisit kymmentuumaiseen, kun yliopiston muutaman vuoden kuluttua väistämättä olisi välttämätöntä hankkia isompi instrumentti. On käsittämätöntä, että Gyldenin kaltainen mies on umpisokea tässä kysymyksessä. Onnittelien sinua sen johdosta, ettei kysymystä instrumentin ominaisuuksista ole vielä lopullisesti ratkaistu." Backlund mainitsi lisäksi, ettei Pulkovaan vielä aikoihin saada kaksoisinstrumenttia, koska rahoille on muita tarpeita. Hän mainitsi myös, että Brasiliaan ja Englantiin oli jo tilattu kaksoisrefraktorit. Kaksoisrefraktorissa oli asennettu valokuvaukseen ja visuaalihavaintoihin tarkoitettut kaukoputket yhdensuuntaisesti rinnakkain. Visuaaliputken avulla voitiin valotuksen aikana kaukoputkea ohjata.

Otto Struve kirjoitti 28. maaliskuuta 1886 Donnerille Pulkovasta [23]. Hän kertoi Pariisin observatorion johtajan, kontra-amiraali Ernest Mouchezin (1822-1892) ehdottamasta, usean observatorion yhteistyönä tehtävästä valokuvauksellisesta taivaankartoituksesta. "Viime viikkoina olen paljon työskennellyt pariisilaisten tähtivalokuvien loistavien tulosten kanssa. Sen yhteydessä on mieleeni usein noussut ajatus, varsinkin kun olette hankki-

massa Helsingin observatoriolle vahvempaa kaukoputkea, ettekö kenties haluaisi sen avulla aluksi osallistua amir. Mouchezin ehdottamaan koko tai-vaan kattavaan valokuvaukselliseen kartoituskuvaukseen. Siten saavutettaisiin yhtäältä voimakkaampi optinen apuneuvo, jollaista Helsingin tarvitsee, ja samanaikaisesti (kuten minulle on sanottu Gyldenin vaatineen) tyydytettäisiin ehto, että hankittavalle instrumentille osoitettaisiin etukäteen työkenttä pitemmäksi ajaksi."

Struve käsitteli seuraavaksi hankinnasta aiheutuvia kustannuksia. Kaksoisrefraktorin objektiivit tulisivat toki kalliimmaksi kuin yhden 15 tuuman putken linssi. Mutta kun valokuvauskaukoputki on visuaalista lyhyempi, tarvitaan pienempi jalusta ja torni, ja kustannukset pienenevät.

Mouchezin suunnitelmasta Struve lausui, että se on lupaava hanke, mutta vaatii vielä paljon pohdintoja, ennen kuin se on kypsä toteutettavaksi. Mouchez oli Struven mukaan sen tunnustanut ja järjesti parhaillaan astronomikonferenssia Pariisiin. Struve kehotti Donneria osallistumaan kokoukseen, jos häntä esitetty ajatus vain suinkin miellyttäisi. Lopuksi Struve kertoi geodeettisista töistä ja suunnitelmista.

Donner vastasi Struvelle 6. huhtikuuta [24]. Hän oli geodeettisesta yhteistyöstä innostunut. Struven valokuvaustyöstä esittämään ehdotukseen Donner suhtautui myönteisesti, mutta kysyi, täyttääkö Henryn veljesten instrumentti kaikki refraktorin tehtävät. Hän mainitsi, ettei tiedä teleskoopista vielä tarpeeksi. Donner kertoi suunnitelleensa sumujen ja tähtijoukkojen havainnot, ei vain paikkojenmääräyksiä vaan myös piirroksia ja valokuvia.

Hän sanoi lisäksi olevansa elävästi kiinnostunut Mouchezin suunnitelmasta. Jos Helsinkiin hankittaisiin Henryn veljesten instrumentti, hän olisi valmis osallistumaan, jos suunnitelman tiellä olevista vaikeuksista selvittää. Donner toivoi lopuksi voivansa osallistua Pariisin kokoukseen.

Toukokuussa 1886 Donner kirjoitti Pariisiin Mouchezille ja kertoi kiinnostuksestaan Henryn veljesten kaukoputkeen sekä halustaan osallistua Pariisiin kokoukseen [25]. Observatorion sihteeri vastasi, että kokous on todennäköisesti seuraavana keväänä, huhti- tai toukokuussa 1887, koska Gill Kapkaupungista olisi silloin tulossa käymään. Myös O. Struve oli hyväksynyt ajankohdan. Donner toivotettiin tervetulleeksi ja luvattiin lähettää varsinainen kutsu aikanaan [26].

## Kaksoisrefraktorin hankkiminen

Kesällä 1886 Donner teki Euroopan-matkansa. Hän tutustui observatorioihin ja instrumenttivalmistajiin Englannissa, Hollannissa, Belgiassa, Ranskassa, Sveitsissä, Itävallassa, Saksassa ja pohjoismaissa. Palatessaan hän viipyi Repsoldin tehtaalla Hampurissa. Siellä keskusteltiin niin yksityiskohdasta kuin suinkin mahdollista teleskoopista, jollaista taivaankarttatyön standardi-instrumentiksi oli jo eri tahoilla ehditty hahmotella [27]. Suunni-



Kuva 55: Ensimmäinen kansainvälinen tähtivalokuvauskokous Pariisissa huhtikuussa 1887. Monet aikakauden merkittävät tähtitieteilijät osallistui-  
vat kokoukseen. Kaikki eivät hankkeesta innostuneet, erikoisesti amerikka-  
laiset jättäytyivät siitä. Eturivissä kuudentena vasemmalta istuu Mouchez,  
seitsemäntenä Otto Struve. Toisessa rivissä toisena vasemmalta Kapteyn,  
viides ja kuudes oikealta Gill ja Gyldén. Kolmannessa rivissä neljäs oikealta  
Krueger, oikealla puolellaan Schönfeld. Takarivissä äärimmäisenä vasemmal-  
la Paul Henry, hänen vieressään Prosper Henry. Takarivissä äärimmäisenä  
oikealla Anders Donner. (Observatorio)

telman pohjana oli Henryn veljesten astrografi Pariisissa.

Matkalta kotiuduttuaan Donner laati yhteistyössä arkkitehti Gustaf Nyströmin (1856-1917) ja insinööri R. Kolsterin kanssa uuden tähtitornin esi-  
suunnitelman ja jätti 17. helmikuuta 1887 valmistelevan esityksen teleskoop-  
pista ja observatoriorakennuksesta konsistorille [28]. Olennainen ero vuoden  
1884 alkuperäiseen esitykseen verrattuna oli, että nyt pääinstrumentti oli  
tarkoitettu valokuvaukseen silmähavaintojen asemesta.

Huhtikuun 16. päivänä 1887 alkoi Pariisin konferenssi Ranskan tiedeaka-  
temian kutsusta. Viisikymmentäkuusi tähtitieteilijää kahdestakymmenestä  
maasta osallistui puolentoista viikon aikana neuvotteluihin, 31-vuotias An-  
ders Donner muiden joukossa. Kokouksessa suunniteltiin koko taivaan kat-  
tavan kartaston ja tähtiluettelon laatimisen pääperiaatteet. Luetteloon tuli  
saada kaikki 11. suuruusluokan ja sitä kirkkaammat tähdet, kartaston ra-  
jaksi asetettiin 14. suuruusluokka.

Monet kokouksen osanottajista ilmoittivat olevansa valmiit osallistumaan  
hankkeeseen, vaikka oli selvää, että edessä oli suuri työ. Luetteloon tulisi  
noin 2,5 miljoonaa tähteä, mikä merkitsisi yhtä monen paikan mittaamista

valokuvauslevyiltä, joita kaikkiaan kertyisi yli 22 000 kappaletta. Valokuvaus oli menetelmänä vielä uusi, joten monia hankkeen periaatteita ja käytännön työmenetelmiä olisi kokeiltava. Toteuttamiseen päätettiin kuitenkin ryhtyä ja Pariisin observatorioon perustettiin valokuvauksellisen taivaankartan toteuttamista varten pysyvän kansainvälisen komitean toimisto. Komitean puheenjohtajaksi valittiin Mouchez [29].

Donner jätti lopullisen esityksen konsistorille 29. marraskuuta 1887 [30]. Valokuvausteleskoopin oli määrä olla Pariisin kokouksessa sovittua tyyppiä. Sen objektiivin halkaisija olisi 330 mm ja polttoväli 3430 mm, mikä merkitsi että valokuvauslevyllä yksi millimetri vastaisi yhden minuutin kaarta taivaalla. Jotta koneella olisi voitu tehdä myös muita, ennen kaikkea visuaalihavaintoja, ohjausputken tuli olla suurempi kuin Pariisissa oli vähimmäismittaksi suositeltu. Visuaalikaukoputken objektiivin halkaisijaksi Donner valitsi 254 mm ja polttoväliksi 3960 mm. Putki tuli lisäksi varustaa mikrometrillä

Donner esitti objektiivien tilaamista Henryn veljeksiltä, koska hän piti heitä työhön kaikkein pätevimpinä. Putken ja jalustan Donner ehdotti hankittavaksi Repsoldilta, koska tämän valmistajan laatu oli hänen kokeuksensa mukaan parempi kuin englantilaisten ja amerikkalaisten yritysten ja vähintään yhtä hyvä, mutta halvempi kuin ranskalaisen Gautierin.

Donner selosti hankittavaksi ehdottamansa teleskoopin eli kaksoisrefraktorin optisen ja mekaanisen rakenteen ja ominaisuudet yksityiskohtaisesti. Jotta taivaankappaleista voisi ottaa suoraan suurennettuja valokuvia, hän esitti myös suurennuslislaitteen hankkimista samalla kerralla.

Esitys sisälsi myös tähtitornin, erikoisesti sen kääntyvän kupolin yksityiskohtaiset suunnitelmat. Jotta hankkeen hinta olisi saatu laskemaan, rakennusta oli pienennetty esisuunnitelmasta niin paljon kuin mahdollista.

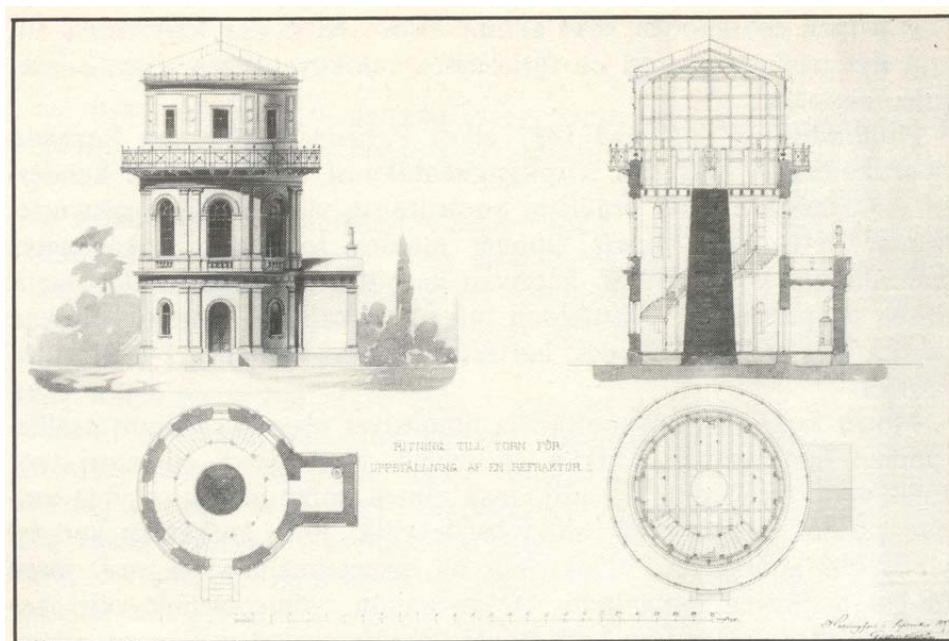
Lopullinen kustannusarvio oli:

valokuvausobjektiivi	12 000 mk
visuaaliobjektiivi	5 000 mk
putki ja jalusta	29 400 mk
suurennuslaite	2 500 mk
tornirakennus	35 000 mk
yhteensä	83 900 mk

Donner totesi esityksessään tyytyväisenä, että kustannuslaskelma alitti 24 000 markalla alkuaan ehdotetun teleskoopin ja rakennuksen kustannusarvion [31].

Donner esitti samassa kirjelmässä, että konsistori anois kanslerilta observatoriorahastosta 10 000 mk ja Yliopiston muista rahastoista 39 000 mk teleskoopin hankkimiseksi ja että saataisiin anoa 35 000 mk rakentamiseen.

Lopuksi Donner antoi koko hankkeen perustelut. Valokuvauskaksoisrefraktorilla saavutettava tarkkuus on hänen mukaansa moninkertainen. Kun valokuvauslevy on merkittävästi ihmissilmää herkempi, saavutetaan monin



Kuva 56: Gustaf Nyströmin suunnitelma kaksoisrefraktorin torniksi syyskuulta 1887. Alustava esitys oli tehty saman vuoden helmikuussa, ja rakennuksen kokoa oli siitä pienennetty. Tätäkään suunnitelmaa ei sellaisenaan toteutettu. Julkisivuja yksinkertaistettiin ja sovitettiin Engelin päärakennuksen uusklassilliseen tyyliin. (Helsingin yliopisto)

verroin suurempi taivaankappaleiden määrä kuin samankokoisella visuaalisella refraktorilla. Havainnot eivät ole enää subjektiivisia, ja tulokset, joiden saavuttamisessa ennen kului jopa vuosia, saadaan nyt muutamassa minuutissa levyille, ja niiden muuntaminen numeroiksi käy nopeammin ja milloin tahansa. Mittaukset voidaan tarvittaessa toistaa. Donner kertoo tähtikartta- ja luettelotyöhön osallistuvien observatorioiden kiiruhtavan hankkimaan esitetynkaltaiset refraktorit. Jos Helsingin observatorio olisi niiden joukossa, pääsisi se myös korjaamaan ensimmäisiä hedelmiä.

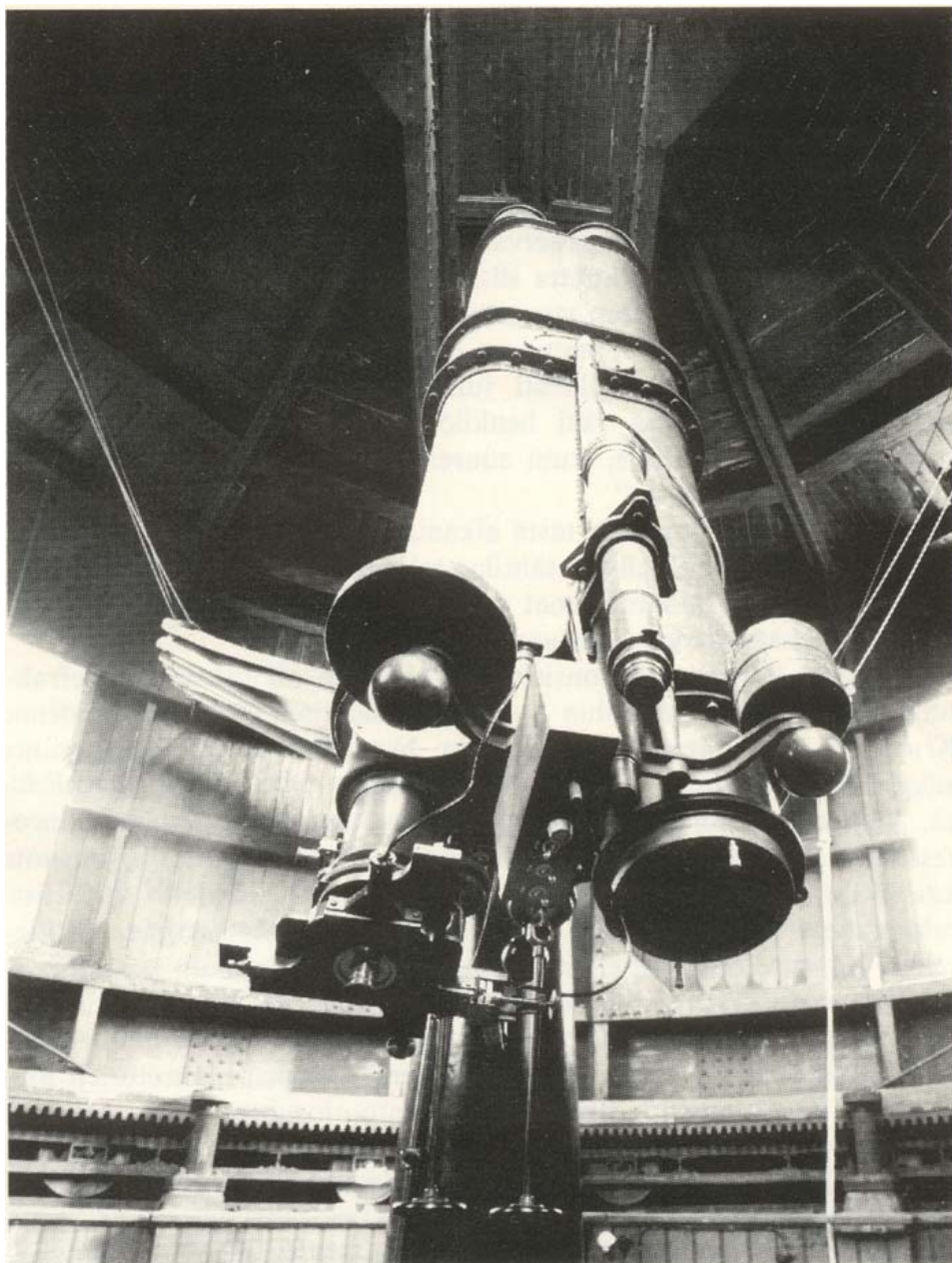
Donner viittasi Astronomische Gesellschaftin järjestämiin vyöhykevaintoihin, joihin Helsingin observatorio oli ottanut osaa. Ne osoittivat hänen mielestään, että sen kaltaiseen kansainväliseen yritykseen voi niin pieni kuin isokin observatorio menestyksellisesti osallistua.

Donner jatkoi: "Huolimatta siitä, että Helsingin osuus oli kaksinkertainen muiden osuuteen verrattuna, vietiin sen havaintojen julkaiseminen aikaisemmin loppuun; ne ovatkin ainoat, jotka tähän päivään mennessä on täydellisesti julkaistu. Sellainen hanke riippuu enemmänkin siitä, että yksi henkilö omistaa pääosan ajastaan ja mielenkiinnostaan asialle, kuin suuren ja työssä vaihtuvan henkilökunnan olemassaolosta."

Kun ajatellaan Donnerin tästä alkanutta viisikymmenvuotista työtä Helsingin valokuvauksellisen tähtiluettelon laatimiseksi ja tapaa, jolla se tehtiin, edellä lainatut sanat saavat syvemmän merkityksen, kuin Donner itsekään lienee aavistanut.

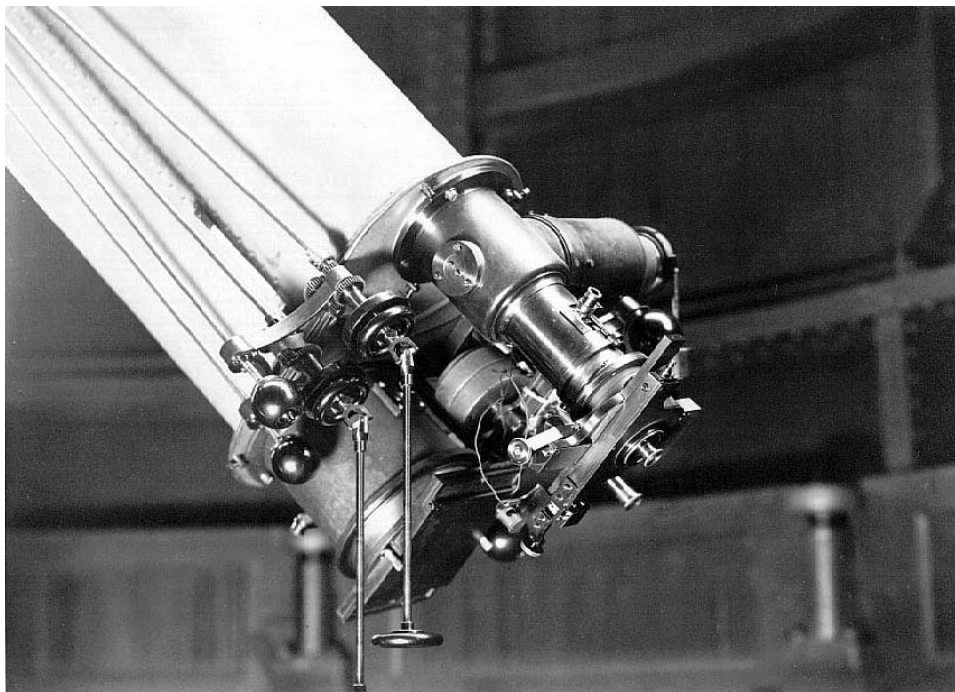
Esityksen käsittelyssä konsistorissa viitattiin alkuperäisestä refraktoriehdotuksesta pyydettyihin fyysis-matemaattisen osaston, Gyldénin, Kruegerin ja O. Struven lausuntoihin. Nyt päätettiin pyytää lausunto silloiselta koulutoimen ylijohtajalta, todellinen valtioneuvos Lindelöfiltä, joka oli toiminut observatoriossa mm. dosenttina, hoitanut professuuria ja seurannut tähtitieteen edistymistä. Lindelöfin lausunto käsiteltiin 15.3.1888 [32]. Lausunto oli puoltava. Lindelöf esitti lisäesimerkkejä valokuvauksen erinomaisista mahdollisuuksista tähtitieteessä ja korosti suunnitellun kartta- ja luettelohankkeen perustavanlaatuista merkitystä ei vain kiintotähtien avaruusjatkautumisen ja tähtimaailman rakenteen tuntemukselle, vaan myös tähtien ominaisliikkeiden määrittämiselle, muuttuvien tähtien ja uusien planeettojen löytämiselle ym. Lindelöf totesi, että havainto-olosuhteet eivät täällä ole yhtä suotuisat kuin etelämpänä, mutta taivaan pohjoisimmat osat täytyy joka tapauksessa varata pohjoisille observatorioille. Lindelöf oli tiedustellut Pulkovasta ja saanut tietää, ettei siellä aiota osallistua luettelo- ja kartta-hankkeeseen. Niinpä hän piti perusteltuna, että siihen Helsingissä ryhdytään, kun Tukholmassakaan ei kai ole aikeita liittyä yritykseen. Lindelöf ilmoitti myös saaneensa Pulkovasta O. Struven ja W. Döllenin kannatuksen Donnerin hankkeelle.

Jouduttiin vielä pohtimaan, mistä rahat saataisiin. Monia muitakin rakennushankkeita oli vireillä, mm. kasvitieteellisen puutarhan palmutalo ja kasvihuoneiden lämminvesijohdot [32].



Kuva 57: Vuonna 1890 käyttöönotettu kaksoisrefraktori tornissaan. (Observatorio/ Hannu Karttunen)





Kuva 58: Kaksoisrefraktorin valokuvausputken perään kiinnitettiin levyka-setti. Valotuksen aikana kaukoputkea ohjattiin kahden ohjauspyörän ja välitystankojen avulla samalla kun ohjaustähteä seurattiin visuaaliputken okulaarin kautta. okulaaria ja sen lankaristiä saattoi siirtää mikrometriruuviavulla. (Observatorio)

Asiaa käsiteltiin moneen otteeseen. Viimein 2.5.1888 konsistorissa esitettiin talousjaoston lausunto, jonka mukaan observatoriohankkeen rahoittamiseksi voitaisiin osoittaa 10 000 mk observatoriorahastosta ja 74 000 mk vararahastosta, jonka tärkein tulolähde oli almanakkaerioikeuden vuokraus. Puutarhan hankkeet, jotka oli arvioitu 80 000 markaksi, kustannettaisiin tullimaksurahastosta [33].

Observatorioasiasta käydyissä keskusteluissa professori Lang asettui vastustamaan sitä, että rahat otetaan vararahastosta. Hän muistutti, että yliopistolla on monta yhä toteutumaton hanketta, kuten palmutalo, voimistelu-, laulu- ja piirustuslaitos jne., joiden toteuttamiseen rahastoja tarvitaan. Donnerin hanke sen sijaan oli uusi. Lang esitti, että rahoitusta annettaisiin valtion varoista. Häneen yhtyi professori Hallsten. Edvard Hjelt puolusti Donnerin esitystä ponnekkaasti ja esitti, että varat olisi osoitettava rahastoista. Muut konsistorin jäsenet yhtyivät hänen kantaansa.

Seuraavana päivänä 3.5.1888 Donner kirjoitti Mouchezille Pariisiin, että konsistori oli päättänyt yhtä ääntä paitsi yksimielisesti hyväksyä Donnerin ehdotuksen [34].

Lukuvuoden 1888-1889 avajaisten jälkeen konsistori kokoontui 15.9.1888. Tiedoksi annettiin varakansleri J. Ph. Palménin kirje edellisen heinäkuun 17. päiväältä. Siinä varakansleri ilmoitti suostuneensa esitettyyn observatorio- ja refraktori-hankkeeseen ja sen rahoittamiseksi tehtyyn anomukseen [35].

Toimitussopimukset solmittiin vuoden 1889 alussa. Vuoden 1890 helmikuussa Donner kävi Pariisissa ottamassa vastaan ja noutamassa objektiivit. Samalla matkalla hän tarkasti Hampurissa valmistuneen putki- ja jalustaosan [36].

Uusi teleskooppi pystytettiin huhtikuussa 1890. Tornin rakenteita oli täydennettävä, ja putki purettiin vielä pois. Asennustyö valmistui lopullisesti elokuussa 1890 [37].

Laajat koekuvaukset ja menetelmien tutkiminen aloitettiin heti. Monet hopeabromidi-gelatiini-emulsion ominaisuudet olivat vielä tutkimatta ja standardisoimatta. Läheskään kaikkia työssä noudatettavia menettelytapoja ei voitu sopia kuin vasta kokemuksen kartuttua [38].

## Carte du ciel -ohjelma

Sovittu ohjelma jakautui kahteen osaan [29]. Päätettiin laatia tähti luettelo ja kartasto. Luetteloon tulisi kaikkien vähintään yhdentoista suuruusluokan tähtien tarkat koordinaatit ja suuruusluokat. Tarvittavat tiedot määrättäisiin luetteloa varten otetuilta valokuvauslevyiltä. Myöhemmin osoittautui, että luettelon rajasuuruusluokaksi tulikin noin kaksitoista.

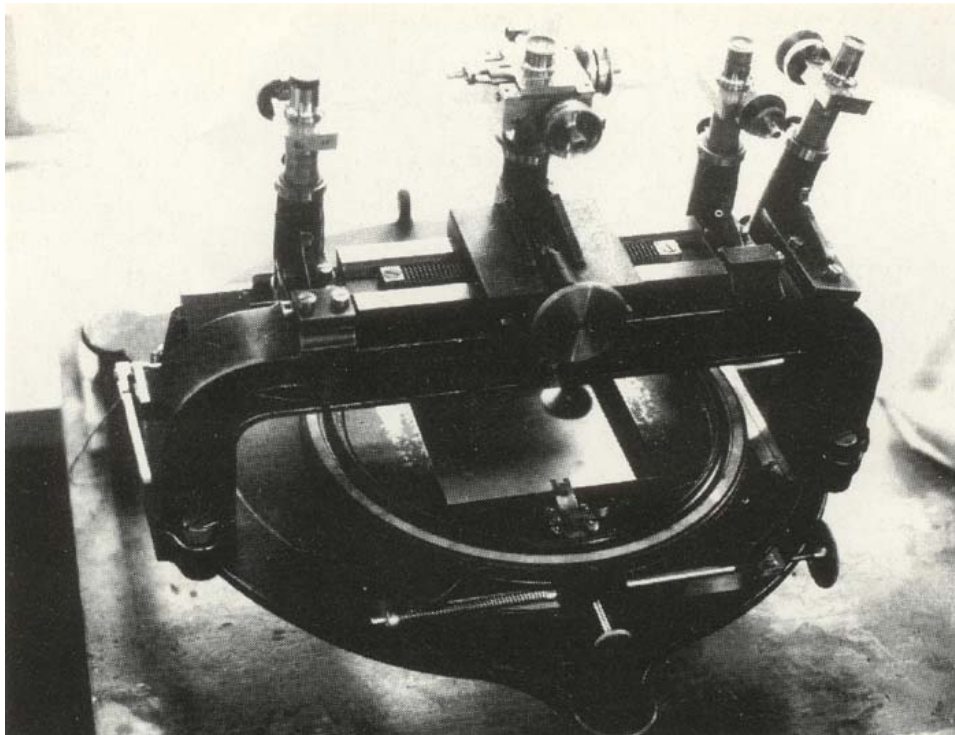
Karttaa varten otettaisiin toiset levyt, joissa pitäisi erottua lähes 14. suuruusluokan tähdet. Näistä levyistä valmisteisiin valokuvauksellisesti kartat.

Helsingin osalle tuli taivaanvyöhyke, joka ulottui deklinaatiosta  $+39^\circ$  deklinaatioon  $+47^\circ$ . Kun yhdellä kuvalla peitettiin noin  $2^\circ \times 2^\circ$  ala ja neeliönmuotoisen kuva-alan nurkat osuivat viereisten keskipisteisiin, tuli Helsingin vyöhykkeelle kaikkiaan 1008 kuva-aluetta. Kuva-alueet limitettiin, jotta tähti näkyisi vähintään kahdella levyllä tarkistuksen ja vyöhykkeen yli yhtenäisen koordinaatiston luomisen takia.

Valokuvaustelekoopissa käytettiin  $16 \times 16$  cm lasisia valokuvauslevyjä. Kasetin rajoittama kuva-alue oli  $13 \times 13$  cm.

Kun luettelon ja kartan rajasuuruusluokista oli päästy sopimukseen, jouduttiin kokeilemaan, kuinka pitkällä valotusajoilla ne eri olosuhteissa saavutettaisiin. Jouduttiin myös etsimään menetelmät, joilla voitiin valvoa työn edetessä syntyvän materiaalin homogeenisuutta.

Jokainen luettelolevy valotettiin kolmesti ja kaukoputkea siirrettiin valotusten välillä deklinaatiossa 24 kaarisekuntia. Näin levyille syntyi jokaisesta tähdestä kolme allekkain sijaitsevaa kuvaa. Toisen valotuksen kesto oli puolet ensimmäisestä. Kaksi pisintä valotusaikaa valittiin niin, että heikoimmat mukaan otettavat tähdet tulivat juuri ja juuri lyhyemmällä valotuksella nä-



Kuva 59: Repsoldin valmistama kaksoisrefraktorin valokuvauslevyjen mitauskone. Tähtien kuvien paikat määrättiin mikroskooppien ja mikrometri-ruuvien avulla. (Observatorio)

kyviin. Näin saatiin nopea keino sen tarkistamiseksi, että kysymyksessä on tähti, eikä esimerkiksi pölyhiukkasen aiheuttama jälki. Tarvittiin vielä kolmas, lyhyt valotus kirkkaimpia tähtiä varten, koska ne pitimmillä valotusajoilla aiheuttivat levyille niin laajat mustumat, ettei paikan mittaaminen onnistunut kyllin tarkasti. Helsingissä tavallisimmat valotusajat olivat 6 ja 3 minuuttia sekä 20 sekuntia.

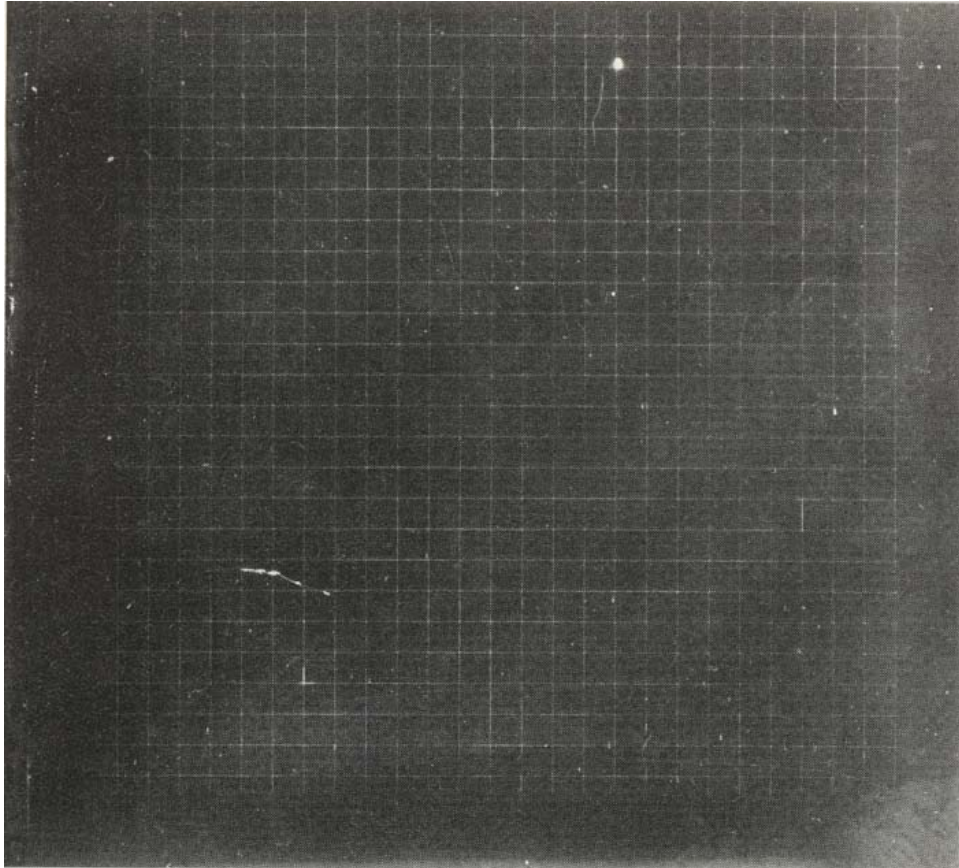
Tähtien paikkojen mittauksen helpottamiseksi levyihin luotiin myös suorakulmainen koordinaattiverkko. Se saatiin aikaan seuraavasti. Ennen taivaan kuvausta levy pantiin kasettiin, jossa sen edessä oli hopeoitu lasilevy. Sen hopeakaivoon oli jakokoneella uurrettu suorakulmainen ruudukko, jossa ruutujen sivu oli 5 mm. Luettelolevyjen kanssa käytetty hopeoitu verkkolevy oli ranskalaisen Gautierin numero 9. Kasetti asetettiin valokuvausrefraktoriin objektiivin eteen. Toisen valotuksen kesto oli puolet ensimmäisestä. Kaksi pisintä valotusaikaa valittiin niin, että heikoimmat mukaan otettavat tähdet tulivat juuri ja juuri lyhyemmällä valotuksella näkyviin. Näin saatiin nopea keino sen tarkistamiseksi, että kysymyksessä on tähti, eikä esimerkiksi pölyhiukkasen aiheuttama jälki. Tarvittiin vielä kolmas, lyhyt valotus kirkkaimpia tähtiä varten, koska ne pitimmillä valotusajoilla aiheuttivat levyille niin laajat mustumat, ettei paikan mittaaminen onnistunut kyllin tarkasti. Helsingissä tavallisimmat valotusajat olivat 6 ja 3 minuuttia sekä 20 sekuntia.

Tähtien paikkojen mittauksen helpottamiseksi levyihin luotiin myös suorakulmainen koordinaattiverkko. Se saatiin aikaan seuraavasti. Ennen taivaan kuvausta levy pantiin kasettiin, jossa sen edessä oli hopeoitu lasilevy. Sen hopeakalvoon oli jakokoneella uurrettu suorakulmainen ruudukko, jossa ruutujen sivu oli 5 mm. Luettelolevyjen kanssa käytetty hopeoitu verkkolevy oli ranskalaisen Gautierin numero 9. Kasetti asetettiin valokuvausrefraktoriin objektiivin eteen. Sen polttopisteeseen sijoitettiin lähes pistemäinen valonlähde. Objektiivin antamat yhdensuuntaiset valonlähteet pääsivät hopeapinnan hiuksenohuiden ruutuviivojen läpi emulsioon ja muodostivat siihen ruudukon kuvan. Sen jälkeen levyille kuvattiin haluttu taivaanosa.

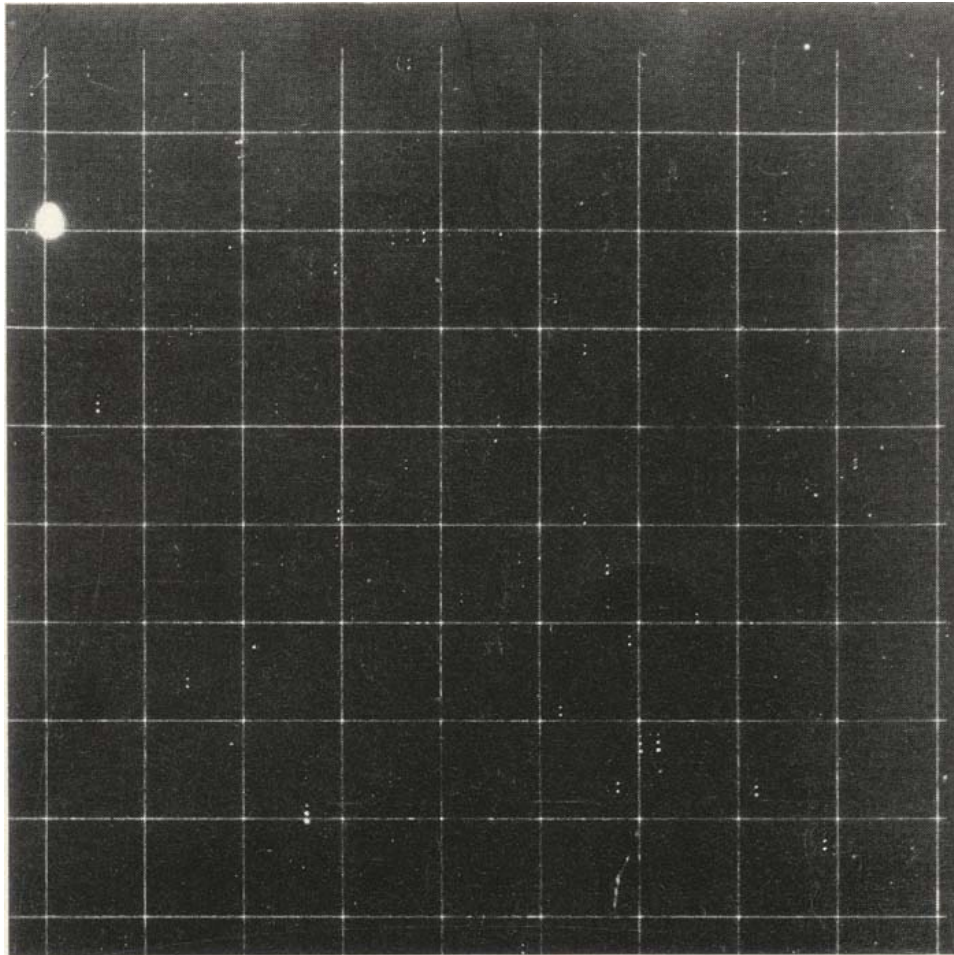
Kehityksessä noudatettiin vakioituja olosuhteita, jotta levyaineisto olisi yhtenäistä.

Kartastoa varten levy ja. täytyi valottaa pitempään. Helsingissä karttalevyt, joiden keskipisteen deklinaatiot olivat  $40^\circ$ ,  $42^\circ$ ,  $44^\circ$  tai  $46^\circ$ , kuvattiin yhdellä tunnin mittaisella valotuksella. Parittomien deklinaatioiden levyt kuvattiin valottamalla kolmesti puoli tuntia. Valotusten välillä konetta siirrettiin hiukan niin, että. jokaisen tähden kuvat muodostivat tasasivuisen kolmion kärjet.

Valotuksen aikana kaukoputkea ohjattiin visuaaliputken avulla. Kuva-alueelta valittiin sopivan kirkas ohjaustähti, ja valotuksen aikana kellokoneiston kääntämän teleskoopin liikettä. säädettiin kahden ohjaimen avulla niin, että. ohjaustähti pysyi koko ajan okulaarissa näkyvässä valaistussa lankaristissä.. Koska tähti ei yleensä sijainnut kuva-alan keskellä., lankaris-



Kuva 60: Helsingin observatorion luettelolevy n:o 871. Kirkas tähti yläreunassa on Joutsenen tähdistön kirkkain tähti Deneb. Kuvan on ottanut Anders Donner 12.9.1892. Levyä on valotettu kolmesti, jotta pölyhiukkasten aiheuttamilta virheiltä välttyttäisiin ja että kirkkaistakin tähdistä saataisiin kyllin pieni, mittaukseen soveltuva kuva. Valotusajat ovat tavanomaiset 6 ja 3 minuuttia sekä 20 sekuntia. (Observatorion levyarkisto)



Kuva 61: Edellisen valokuvauslevyn oikea yläkulma suurennettuna. Deneb on nyt vasemmalla ylhäällä.

tiä. saattoi mikrometriruuvin avulla siirtää kuvakentässä.. Kun kuva-alan keskipisteen ja ohjaustähden koordinaatit tunnettiin, siirrettiin ristiä. koordinaattierotusten verran. Koska levyjen keskipisteiden paikkojen tuli olla tarkasti suunnitelman mukaiset, tarvittiin ohjaustähtien täsmälliset koordinaatit.

Ohjaustähtien valikoinnissa sekä paikkojen laskemisessa Pulkovan observatoriolta saatiin apua. Helsingissä nyt kuvattava vyöhyke sattui Astronomische Gesellschaftin luettelossa Bonnin ja Lundin observatorioiden vyöhykeisiin. Mainitut observatoriot eivät vielä 1890-luvun alussa olleet ehtineet julkaista kokonaan vyöhykkeitään, vaan tähdet jouduttiin poimimaan niiden aineistoista erikseen ja laskemaan kuvausajankohdan mukaiset, lähinnä prekessiosta johtuvat paikkojen korjaukset [37].

Kun valokuvauslevy oli kehitetty, Donner itse tarkisti sen. Jos levy oli kelpollinen, hän merkitsi jokaisen mitattavan tähden likimääräisesti ruutupaperiin, joka toimi varsinaisten mittausten ohjeena ja apuna. Sitten Donner tarkasti levyn toistamiseen edeten järjestyksessä ruutujonoja pitkin. Samalla hän antoi mitattaville tähdille järjestysnumerot ja arvioi suuruusluokat. Tämä tarkastus tehtiin Vilhelm Falck-Rasmussenin Helsingissä valmistamalla mittauskoneella.

Varsinainen paikkojen mittausta tapahtui Repsoldin valmistamalla levynmittauskoneella. Mikroskoopissa näkyi kaksoislankaristi, jonka toista ristiä voitiin siirtää mikrometriruuvin avulla toisen suhteen. Tähtien kuvien x-koordinaatit mitattiin järjestyksessä määräämällä kuvan etäisyys lankaristien avulla tähden kummallakin puolella näkyvästä lähimmästä ruudukon viivasta. Kun x-koordinaatit oli mitattu, levy käännettiin  $180^\circ$  verran ja mitattiin vastakkaiseen suuntaan. Sen jälkeen levyä käännettiin  $90^\circ$  ja mitattiin y-koordinaatit ja viimein vastakkaiseen suuntaan. Jokainen mittauskohdistus tehtiin kaksi tai kolme kertaa [38].

Mittausten oikaisemiseksi määrättiin levymittauskoneen mikrometriruuvin korjaukset ja levyihin kuvatun ruudukon systemaattiset virheet ruutu ruudulta. Kaukoputken objektiivin aiheuttaman kuvakentän vääristymisen määrittämiseksi kuvattiin Seulasten tähtijoukkoa. Siinä oli koko kuvakentän alueella riittävästi tähtiä, joiden koordinaatit oli meridiaanihavainnoilla tarkasti määrätty. Kun nyt valokuvauslevyltä mitattiin Seulasten tähtien paikat, saatiin vääristymien oikaisemiseksi tarvittavat korjaukset määrättyksi. Donner alkoi keväällä 1892 julkaista säännöllisesti vuosikertomuksia työn edistymisestä Suomen Tiedeseuran Öfversikt-sarjassa, vuodesta 1922 lähtien Commentationes-sarjassa. Viimeinen vuosiraportti päättyy joulukuuhun 1930 [38].

Ensimmäinen talvikausi 1890-1891 ja osa seuraavaa syksyä käytettiin kokeiluihin, menetelmien ja työtapojen kehittämiseen. Donnerin apuna toimi valokuvaustöissä maisteri Georg Dreijer, joka oli tullut observaattoriksi vuonna 1876. Ensimmäinen varsinainen luettelolevy otettiin 8.11.1891. Ensimmäiset levyt korvattiin myöhemmin uusilla, paremmanlaatuisilla. Ku-



N:o	Gr.	$x = \frac{x_d + x_k}{2}$	$y = \frac{y_d + y_k}{2}$	Err. div.	Gr.	Asc. Dr.	Décl.	N:o	Gr.	$x = \frac{x_d + x_k}{2}$	$y = \frac{y_d + y_k}{2}$	Err. div.	Gr.	Asc. Dr.	Décl.		
		x	y			1900.0	1900.0			x	y			1900.0	1900.0		
m	mm	mm			m	h m s	s	m	mm	mm			m	h m s	s		
511	10.9	+59.8102	+21.0312	-10	10.3	20 45 23.79	42 20 25.89	519	9.0	+58.5080	-37.6913	-3	11	8.8	20 45 12.79	41 27 50.94	
512	7.4	+55.2883	+15.2586	+7	7.5	44 58.974	42 14 44.13	520	8.1	+57.5944	-32.6255	+1	9	8.0	7.866	41 26 55.77	
513	9.0	+56.6899	-8.0799	+1	13	8.4	45 4.823	41 51 25.89	521	6.8	+56.9282	-36.0314	+2	5	6.8	4.073	41 23 32.46
514	9.7	+57.4216	-9.0615	-2	14	9.4	8.669	41 50 26.43	522	10.7	+58.7717	-50.6554	-10	-4	9.8	12.789	41 8 55.67
515	8.1	+55.7316	-15.3246	+5	-10	8.1	44 59.174	41 44 12.91	523	10.4	+60.0993	+55.6472	-23	+4	9.5	28.091	42 54 57.64
516	9.6	+56.5096	-15.8052	+2	11	9.3	45 3.300	41 43 43.54	524	9.5	+62.8596	+47.4152	-39	+11	9.0	42.428	42 46 42.48
517	8.6	+59.0579	-15.3371	-7	9	8.6	16.955	41 44 9.43	525	5.9	+61.1412	+35.6531	-25	+7	5.9	32.143	42 35 0.05
518	9.4	+58.2525	-22.4804	+0	-16	9.1	12.121	41 37 2.48	526	9.8	+61.1000	-20.6733	-11	-14	9.4	27.453	41 38 48.24
Bouan Zones		512:	59.00. 43.6		521:	45.03. 34.9	525:	32.39. 3.0	522:	faible							

Bonn Zones. 512: 59°.00, 43".6 521: 4°.03, 34".9 525: 32°.39, 3".0 522: faible

### Cliché 871.

20°40'0".000; +44°0'0".00.

1892 Septembre 12 N:o 7; photo. par Donner.

Poses: 6"0<sup>s</sup>, 3"0<sup>s</sup>, 20<sup>s</sup>. Moments moyens: 23<sup>h</sup>29<sup>m</sup>16<sup>s</sup>, 34<sup>m</sup>46<sup>s</sup>, 37<sup>m</sup>6<sup>s</sup>. Temps Sidér. Helsingfors. Foyer 28.5. Bar. 755.7<sup>mm</sup>. Therm.: extér. +7.7 R; tube +8.8 R. — Guide: N:o 481; 8<sup>m</sup>.7. — Air 2. Images petites et précises. Cliché voilé.

Mesuré 1916 Janvier 29—Avril 6 par A. Sohlström. Grandeurs 1916 Janvier 8, 13, 14 et 15 par Donner.

Réfr. et aberr.: (x) + 0.000311 x — 0.000127 y; (y) + 0.000220 x + 0.000321 y.  $k_x = -0'.7799$ ;  $k_y = +0'.3236$ ;  $p = -0.000010$ ;  $r = -0.000020$ . — Rattachements: x: —0'.0004 — 0.000014 x + 0.000135 y; y: —0'.0009 — 0.000135 x — 0.000014 y.

X = x — 0'.7803 + 0.000287 x — 0.000012 y; Y = y — 0.002 y + 0'.3227 + 0.000105 x + 0.000257 y. Les termes de second ordre dépendant de  $k_x$  sont tirés des tables IX.

Gr. I; +0<sup>m</sup>.34; +0<sup>m</sup>.32.

N:o	Gr.	$x = \frac{x_d + x_k}{2}$	$y = \frac{y_d + y_k}{2}$	Err. div.	Gr.	Asc. Dr.	Décl.	N:o	Gr.	$x = \frac{x_d + x_k}{2}$	$y = \frac{y_d + y_k}{2}$	Err. div.	Gr.	Asc. Dr.	Décl.			
		$x$	$y$			1900.0	1900.0			$x$	$y$			1900.0	1900.0			
m	mm	mm			m	h m s	s	m	mm	mm			m	h m s	s			
1	10.9	-63.7376	+57.6680	-6	6	10.5	20 33 56.01	44 57 16.73	21	8.7	-60.4488	-12.1925	-8	5	8.9	20 34 21.30	43 47 37.10	
2	9.7	-62.7635	+56.2148	-6	5	9.4	34 1.651	44 55 50.89	22	9.3	-63.8852	-32.0582	-9	+11	9.3	4.276	43 27 44.39	
3	11.1	-63.1970	+43.3127	-10	+3	10.8	0.527	44 42 57.94	23	9.2	-64.4575	-51.2403	-18	+15	9.0	3.028	43 8 35.39	
4	11.0	-63.3038	+42.0958	-9	+5	10.7	0.052	44 41 44.59	24	7.7	-60.0205	-56.7237	-18	+30	7.5	27.801	43 3 11.80	
5	11.0	-62.7461	+41.5678	-9	+6	10.7	3.238	44 41 13.98	25	9.3	-56.3669	+55.6086	-3	0	9.1	37.767	44 55 21.24	
6	11.2	-61.0961	+41.1165	-9	+6	11.0	1.316	44 40 46.59	26	10.7	-59.4217	+50.9666	-6	+0	10.3	20.996	44 50 40.23	
7	10.2	-60.9329	+43.1790	-9	+4	9.9	13.257	44 42 52.41	27	9.4	-58.5259	+49.4051	-7	-1	9.3	26.186	44 49 7.69	
8	9.1	-60.9183	+42.9484	-9	+4	9.0	13.360	44 42 38.63	28	9.3	-57.0453	+44.8681	-8	-2	9.2	34.933	44 44 37.54	
9	10.9	-60.2365	+42.4422	-8	+5	9.7	17.246	44 42 9.03	29	10.4	-56.5956	+44.5654	-8	-2	10.1	37.491	44 44 19.83	
10	10.8	-60.2578	+40.6094	-8	+7	10.4	17.299	44 40 19.30	30	10.2	-58.9309	+42.0489	-8	+5	9.9	24.609	44 41 46.86	
11	11.1	-61.8171	+39.8990	-8	+8	10.9	8.618	44 39 35.14	31	9.6	-58.4865	+41.9217	-7	+4	9.5	27.113	44 41 39.70	
12	11.2	-63.5305	+38.8320	-9	+8	11.0	33 59.114	44 38 29.33	32	10.0	-58.1808	+39.3811	-7	+5	9.8	29.077	44 39 7.90	
13	10.4	-62.7199	+32.7487	-7	+6	10.2	34 4.275	44 32 26.01	33	10.1	-57.1559	+39.6790	-7	+4	9.9	34.794	44 39 26.76	
14	10.6	-62.4633	+20.8777	-2	+4	10.5	6.902	44 20 35.47	34	10.5	-55.5659	+36.7860	-5	+1	10.3	43.976	44 36 35.15	
15	11.1	-62.1218	+20.6029	-2	+4	11.0	8.818	44 20 19.38	35	10.7	-56.3995	+34.0352	-5	+0	10.5	39.554	44 33 49.58	
16	7.8	-64.3753	+11.9326	-5	+1	8.0	33 57.116	44 11 37.86	36	10.3	-59.1754	+30.3411	-6	+6	10.1	24.355	44 30 5.62	
17	9.7	-62.1702	+7.0012	-6	+4	9.7	34 9.907	44 6 44.89	37	7.9	-55.9126	+26.2199	-4	-5	8.1	42.983	44 26 5.07	
18	8.4	-60.9095	0	19.91	-8	7	8.6	17.626	43 59 23.08	38	10.0	-59.8457	+23.2045	-3	-3	10.0	21.287	44 2 57.58
19	11.2	-62.2158	-7.7811	-6	-8	11.2	5.567	43 51 58.61	39	8.3	-59.3610	+23.4821	-3	-3	8.5	23.968	44 23 14.69	
20	10.2	-62.0129	-12.6356	-8	-4	10.1	12.667	43 47 5.74	40	9.9	-56.6678	+15.8691	-2	-3	9.9	39.531	44 15 41.50	

Bonn Zones: 16: 57°.02, 37".0 24: 27°.89, 11".8 39: 23°.81, 14".0 1, 3, 4, 5, 6, 11, 12, 15, 19: faibles

Kuva 62: Luettelolevyn n:o 871 (kuvat edellisellä aukeamalla) mittasi neiti A. Sohlström 29.1.-6.4.1916. Donner oli valinnut levyltä mitattavat tähdet 8.-15.1.1916 ja määrännyt samalla tähtien kirkkaudet. Levyltä mitattiin peräti 974 tähteä. Tulokset julkaistiin luettelon osassa VII, 2, joka ilmestyi viimeisenä osana vuonna 1937. Tässä tapauksessa levyn valokuvaamiselle ja tulosten julkaisemiselle tuli 45 vuoden aikaväli. Sarakkeet vasemmalta: tähden numero levyllä, kirkkaus, x- ja y-koordinaatit levyllä ja niiden virheet, korjattu kirkkaus sekä rektaskensio ja deklinaatio vuoden 1900 alussa. Levyn viivojen väli on 5 mm, joka vastaa 5 kaariminuuttia taivaalla. Deneb on tähti n:o 271 ja sen levykoordinaatit ovat x = -20,2320 mm ja y = +55,2305 mm.

vaustyö pääsi täydellä teholla käyntiin vuoden 1892 lopulta lähtien.

## Arkista aherrusta

Kesän valoisat yöt katkaisivat valokuvaustyöt aina toukokuun 10. päivän tienoilla, ja ne aloitettiin tavallisesti elokuun puolivälissä. Havaintokauteen kertyi keskimäärin 60 yötä, jolloin voitiin menestyksellisesti työskennellä. Pilvisyyden lisäksi myös kuutamo haittaa tähtivalokuvausta valaisemalla taivaan taustan. Kun täysikuu paistaa koko yön, ovat sen lähiyöt selkeinäkin käyttökelvottomia.

Aluksi keskityttiin luettelolevyjen kuvaamiseen. Oli suotavaa, että luettelon havaintomateriaali saataisiin mahdollisimman samanaikaisesti. Työ aloitettiin alueista, joiden mahdollinen kuvaamisajankohta oli vuoden aikana ahtaimmin rajoitettu. Kaikki luetteloa varten tarvittavat 1008 levyä saatiin otetuksi kevääseen 1896 mennessä, siis runsaassa kolmessa vuodessa. Monia alueita oli jouduttu kuvaamaan uudelleen ilman huonon läpinäkyvyyden tai muun häiriön vuoksi.

Karttalevyt kuvattiin syksystä 1896 kevääseen 1911 ulottuneena viiden-toista vuoden kautena. Kartaston valmistuksessa ei kiirehtimistä pidetty niin tärkeänä. Karttalevyjä kertyi huomattavasti luettelolevyjä hitaammin tietysti jo senkin vuoksi, että niiden valotusajat olivat tunti tai puolitoista, kun luettelolevyjä valotettiin vajaat kymmenen minuuttia.

## Muita tähtivalokuvaustöitä

Paitsi tähtiluettelo- ja taivaankarttatyötä varten, kaksoisrefraktorilla otettiin valokuvia muihinkin tarkoituksiin. Oscar Backlund tutki Jupiterin ja sen kuiden järjestelmää. Määrätäkseen kuiden liikkeet mahdollisimman tarkasti hän mittasi niiden paikkoja levyistä, jotka Donner toimitti hänelle vuosina 1891-1896. Levyjä kertyi yli sata, ja monet niistä oli valotettu jopa viidesti. Jotta olisi saatu kuvien mittakaavat täsmällisesti selville, kuvattiin levyille lisäksi Seulasten tähtijoukko, jonka lähellä Jupiter oli kauden alkupuolella. Jakson loppupuolella Jupiter oli jo niin kaukana Seulasista, että niiden asemesta käytettiin Praesepe-joukkoa.

Luettelo- ja karttatyön yksityiskohdista sopimiseksi pidettiin Pariisissa useita kokouksia. Syyskuussa 1889 pidetyssä kongressissa oli monet kysymykset jouduttu lykkäämään. Vasta kun useimmat osallistuvat observatoriot syksyyn 1891 mennessä olivat saaneet koneensa, alkoi välttämättömiä kokemuksia kertyä. Vuoden 1891 huhtikuussa pidettiin Pariisissa 20-päiväinen kokous. Donner osallistui siihen ja keskusteli alustavasti hollantilaisen Jacobus Kapteynin (1851-1922) kanssa valokuvausyhteistyöstä. Kapteyn esitti ajatuksen tähtien parallaksien määrittämisestä valokuvauksen avul-



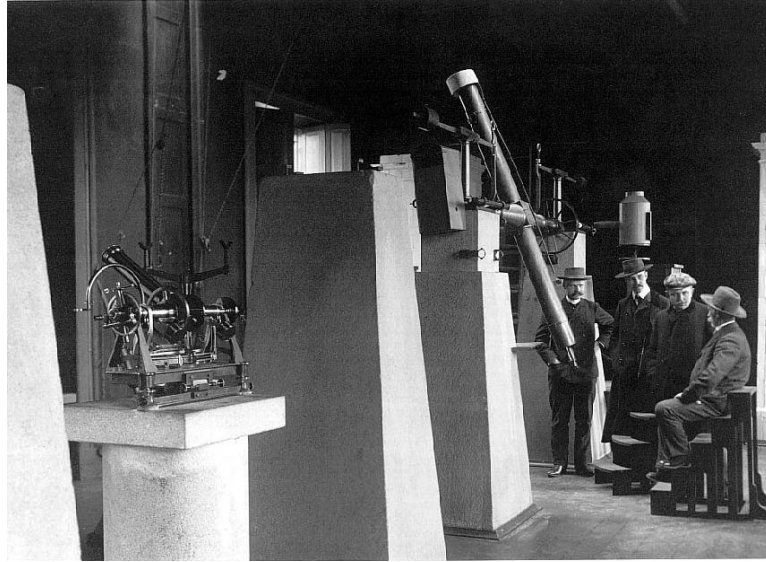
Kuva 63: Helsingin observatorio idästä nähtynä 5. toukokuuta 1893. Taustalla näkyy kirurginen klinikka. Ihmiset ovat kokoontuneet "Observatoriokalleille"katselemaan laivaliikenteen alkamista talvikauden jälkeen. Eteläsatamaan saapui murtaja ja kolme suurta laivaa (Päivälehti 6.5.1893). (Valok. A.E. Rosenbröjer /Helsingin kaupunginmuseon kuvakokoelmat)

la. Kapteyn ja Donner kävivät kirjeenvaihtoa, jossa Kapteyn kehitti menetelmän yksityiskohtia ja Donner kertoi tuloksista [39].

Kapteynin suunnitelman mukaan tutkittava tähti kuvattiin ensimmäisen kerran levyille kolmasti niin, että kaukoputkea siirrettiin kuvausten välillä deklinaatiossa  $18''$ . Tämä ensimmäinen kolmoisvalotus tehtiin aikaan, jolloin tähden ja Auringon välinen kulma Maasta katsottuna oli  $90^\circ$ , eli Maan vuotuisen kiertoliikkeen aiheuttama parallaktinen poikkeama tähden paikassa taivaalla oli suurimmillaan. Levy säilytettiin kehittämättömänä ja valolta tarkoin suojattuna. Puolen vuoden kuluttua, kun tähden parallaktinen poikkeama oli jälleen suurimmillaan, mutta nyt edelliseen verrattuna vastakkaisasuuntainen, otettiin kaksi kolmen valituksen ryhmää ensimmäisen molemmin puolin. Neljäs kuvaus tehtiin jälleen puolen vuoden kuluttua, jolloin poikkeama oli sama kuin alussa.

Kuvat oli sijoitettu niin, että tähden eri maksimeissa otettujen kuvien paikkojen keskiarvot osuivat yhteen, jos tähden parallaksi oli nolla, eli tähti niin kaukana, ettei Maan kiertoliike aiheuttanut sen paikassa havaittavaa muutosta. Mutta jos tähdellä oli erottuva parallaksi, se saatiin tällä menetelmällä varsin tarkasti mitatuksi.

Vuosina 1891-1906 kuvattiin parallaksilevyjä lähes 500 kertaa. Kapteyn mittasi ne ja määräsi tähtien parallaksit. Ensimmäinen tästä yhteistyöstä syntynyt julkaisu ilmestyi Groningenissa vuonna 1900. Se on nimeltään "The parallax of 248 stars of the region around BD  $+35^\circ 40' 13''$  contained on photographs prepared by A. Donner, measured and discussed by J. C. Kap-



Kuva 64: Ohikulkukoneen ääressä herrat vasemmalta Ragnar Furuholm, Rolf Witting, Emil Wessel ja Georg Dreijer. Furuholmista ja Wittingistä tuli myöhemmin kansanedustajia ja ministereitä, Wesselistä vakuutusjohtaja. Vasemmalla vuonna 1885 hankittu siirrettävä ohikulkukone. (Valok. 1904, Observatorio)

teyn"[40]. Vuonna 1902 valmistui seuraava parallaksitutkimus [41]. Vuosina 1908 ja 1909 ilmestyivät vielä laajat parallaksitutkimukset, joista edellinen antoi 3650 tähden trigonometrisen parallaksin [42] ja jälkimmäinen selvitti Hyadien tähtijoukon jäsenten etäisyyksiä [43]. Hyadien tutkimuksessa sen varsinaiset tekijät Kapteyn ja Willem de Sitter käyttivät myös F. Küstnerin Bonnissa ottamia valokuvauslevyjä.

Kapteynin ehdotuksesta aloitettiin myös ominaisliikekuvaukset vuonna 1895. Kohteina olivat toisaalta Hyadit ja toisaalta alueet, jotka sijaitsivat taivaalla pitkin kahta, toisiaan vastaan kohtisuoraa isoympyrää. Toinen ympyrä yhtyi suurin piirtein Linnunradan tasoon.

Ominaisliikkeiden määrittämiseksi levy valotettiin, pakattiin alkuperäispakkaukseensa ja suljettiin vielä peltirasiaan, joka juotettiin tinalla kiinni. Tarkoitus oli estää valoa ja kosteutta turmelemasta kehittämätöntä valokuvauslevyä. Neljän vuoden kuluttua levyille kuvattiin uudelleen sama taivaan alue niin, että tähdet kuvautuivat edellisen valotuksen paikkojen viereen. Suurin osa tähdistä ei ollut ehtinyt havaittavasti siirtyä kuvausten välillä. Niiden muodostamien kuvaparien jäsenten välimatkat olivat kaikki yhtä suuria ja yhdensuuntaisia janoja. Sellaiset tähdet, jotka olivat huomattavasti liikkuneet, näkyivät eri tavoin siirtyneinä, ja niiden liike voitiin mitata kuvasta.

Kokemukset olivat rohkaisevia, ja valotusaikojen väliä pidennettiin nel-

jästä ensin viiteen ja lopulta kahdeksaan vuoteen. Viimeiset ohjelmaan kuuluvat valotukset suoritettiin vuosina 1906-1907. Osoittautui, että levyt säilytysmenetelmistä huolimatta tahtoivat niin pitkänä aikana häiritsevästi mustua, eikä väliaikaa enää voitu pidentää. Vuonna 1908 Kapteyn ja de Sitter julkaisivat näihin valokuviin perustuvien mittausten tuloksena 3300 tähden ominaisliikkeet [44].

Vaikka Helsingin observatorio selostetuissa parallaksi- ja ominaisliiketoissa oli vuosien ajan kiinteässä yhteistyössä Linnunradan rakenteen tutkimuksen Euroopan johtavan observatorion kanssa, ei Helsingissä virinnyt alan itsenäistä harrastusta.

Talvella 1900-1901 pikkuplaneetta Eros oli oppositiossaan hyvin lähellä Maata, vain runsaan kolmanneksen päässä Maan ja auringon välimatkaan verrattuna, eli hiukan lähempänä kuin Mars lähimmillään. Määräällä Erokseen etäisyys voitiin selvittää tarkasti Maan ja Auringon välimatkan, mihin muun muassa Venuksen ohikulkuhavainnoilla on pyritty jo 1760-luvulla.

Pariisissa pidettiin tähtivalokuvauskongressi vuonna 1900 ja sovittiin Erokseen valokuvausohjelmasta. Carte du ciel -ohjelmaan osallistuvat observatoriot maapallon eri puolilla valokuvasivat Erosta tähtien muodostamaa taustaa vasten. Kun eri mantereilta tähdättiin pikkuplaneettaan, se näkyi tähtien suhteen hiukan eri suunnissa. Mittaamalla paikat tarkoin suuresta levymäärästä saatiin Erokseen ja siten Auringonkin etäisyys määrättyksi. Kun Maasta Erokseen syntyvien kolmioiden Maassa olevat kannat tuli saada mahdollisimman pitkiksi, pidettiin esimerkiksi Helsingissä ja Kapkaupungissa samanaikaisesti tehtyjä havaintoja tärkeinä. Koska mainitut kaupungit sijaitsevat lähes samalla pituuspiirillä, kuvattiin molemmista Erosta, kun se oli meridiaanin tienoilla. Jotta olisi saatu aikaan kantoja amerikkalaisten observatorioiden kanssa, kuvattiin pikkuplaneettaa, kun se oli Helsingistä katsottuna lännessä. Kaikkiaan Helsingissä otettiin 79 valokuvauslevyä Eros-planeetasta. Englantilainen Hinks määräsi kootuista havainnoista vuonna 1910 Auringon ja Maan keskietäisyyden. Tulokseksi saatiin 149,4 miljoonaa km [45], mikä on varsin lähellä nykyisin oikeana pidettyä tutkimittauksilla saatua arvoa 149,597870 miljoonaa km.

Kesällä 1896 New Yorkin Columbia-yliopiston Harold Jacoby ja Kapkaupungin Gill ehdottivat Donnerille, että ryhdyttäisiin määräämään kummankin taivaannavan tähtien paikkoja valokuvauksellisesti. Tutkimus käsittelisi varsinaisesti maapallon akselin liikettä, mutta tuottaisi myös tietoa käytettävän valokuvausteleskoopin kuvausominaisuuksista, ennen kaikkea kuvakentän vääristymisestä. Donner toimitti kaksitoista levyä Jacobylle, joka julkaisi tutkimuksen 1899 [46].

Työ johti laajempaan hankkeeseen. Taivaannavan paikan tarkkaa määräämistä varten Jacoby ehdotti kiinteän valokuvausteleskoopin rakentamista. Hankkeen instrumentti- ja työkuukustannuksia varten yhdysvaltalainen neiti C. Bruce lahjoitti vuonna 1899 2500 dollaria. Konsistori myönsi varat tarvit-

tavaa rakennusta varten. Uusi havaintopaviljonki ja kaukoputki rakennettiin vuosina 1899-1901.

Kysymyksessä oli liikkumaton teleskooppi, joka oli pystytetty kohti taivaan pohjoisnapaa eli maapallon akselin suuntaisesti. Se oli samankokoinen kuin kaksoisrefraktorin valokuvausputki. Napaputkessa käytettiin valokuvausteleskoopin objektiivia, joka kehyksineen siirrettiin putkesta toiseen. Napaputki pystytettiin graniittipylvään varaan. Instrumentin rakensi helsinkiläinen V. Falck-Rasmussenin hienomekaaninen paja, joka valmisti Observatoriolle monia laitteita.

Kaksoisrefraktorin tornin kyljestä pistävässä siivessä sijaitsi valokuvien kehityshuone. Tämän siiven jatkeeksi rakennettiin yksinkertainen havaintopaviljonki, joka suojasi napaputkea säältä. Taitekaton pohjoislappeelle asennettiin luukku, jonka kautta taivaan pohjoisnapaa voitiin kuvata. Kaukoputki valmistui ja otettiin käyttöön maaliskuun lopussa 1901 [48].

Napakuvat otettiin hyvin pitkällä valotuksilla, jotta tähtien vuorokautisen liikkeen synnyttämistä, kaariksi venyneistä tähtien kuvista saataisiin navan paikka tarkasti määrätyksi. Valotusajat saattoivat olla keskitalvella jopa 14,5 tuntia eli koko yöpimeän mittaisia. Jotta levy ei olisi mustunut pitkän valotuksen takia, objektiivin aukkoa pienennettiin kaihtimella. Vuosina 1901-1907 ja 1912-1913 napakuvia toimitettiin Yhdysvaltoihin.

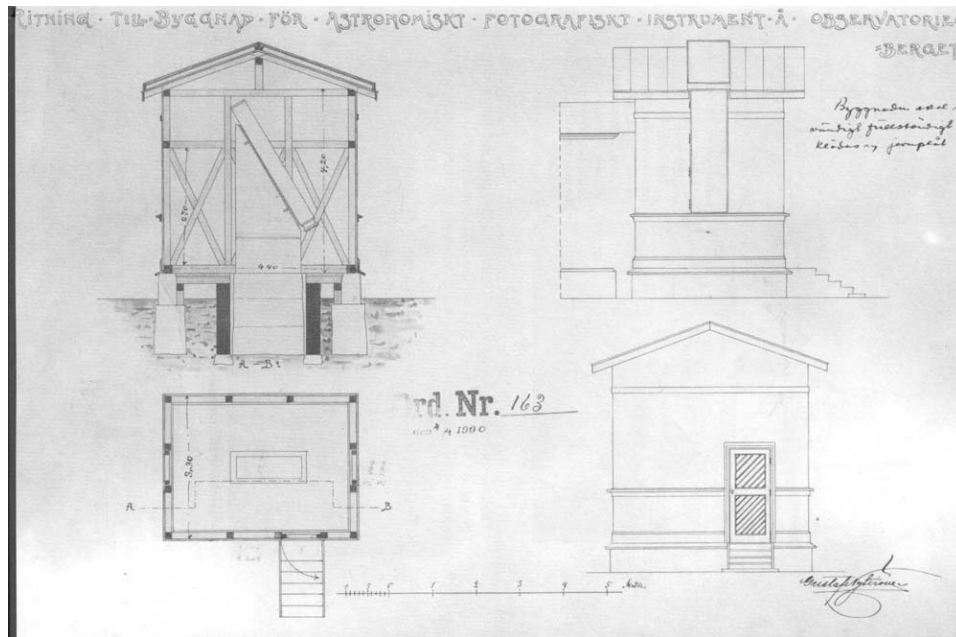
Elokuun 21. päivänä 1914 sattui täydellinen auringonpimennys. Sen havaitsemiseksi järjestettiin Ahvenanmaan Kumlingeeseen retkikunta. Donner ei rehtorintehtävien vuoksi voinut osallistua matkaan. Sää suosi havaintoja, ja pimennyksen aikana otettiin suoria valokuvia sen kaikista vaiheista ja erityisesti koronasta. Kaksoisrefraktori oli purettu paikaltaan ja siirretty Kumlingeeseen erikoistehtävää varten.

Observatorioon oli hankittu huhtikuussa 1914 potsdamilaisen Otto Toeper & Sohn -yrityksen valmistama prisma-spektrografi juuri auringonpimennystä varten. Kaksoisrefraktorin valokuvausputkella ja spektrografilla kuvattiin spektrejä koronasta sekä pimennyksen täydellisen vaiheen alussa ja lopussa näkyvä leimahdusspektri, jonka säteily on peräisin Auringon ilmakehän yläosasta, kromosfääristä.

## Helsingin luettelotyö

Donner keskittyi Helsingin vyöhykkeen tähtiluettelon valmistamiseen. Observatorioon perustettiin hanketta varten toimisto. Donner johti työtä, ja lähinnä valokuvauksessa hänen apunaan työskenteli observaattori Dreijer vuoden 1911 huhtikuuhun saakka, jolloin hän siirtyi eläkkeelle. Myöhemmätkin observaattorit toimivat valokuvaus- ja luettelotyössä.

Vuonna 1908 perustettiin apulaisjohtajan toimi, johon tuli dosentti Ragnar Furuhielm (1879-1944). Valokuvaustöissä työskenteli lisäksi tavallisesti kaksi assistenttia.



Kuva 65: Gustav Nyströmin suunnitelma napaputken havaintopaviljongiksi vuodelta 1900. (Observatorio)

Levyjen mittaus- ja laskutyössä oli yleensä kolme apulaista, vilkkaimpina aikoina jopa neljä. Koko hankkeeseen osallistuneiden luettelo on Helsingin luettelon ensimmäisessä niteessä, jossa esitetään työmenetelmät ja niiden kulku [49].

Yliopisto myönsi vuosittain määrärahan osaan toimiston kuluista ja palkkamenoista, mutta vuosien mittaan Donner kustansi suuren osan työstä omista varoistaan. Vuonna 1939 hänen tarkoitukseen lahjoittamansa summa arvioitiin 2,1 miljoonaksi markaksi [50].

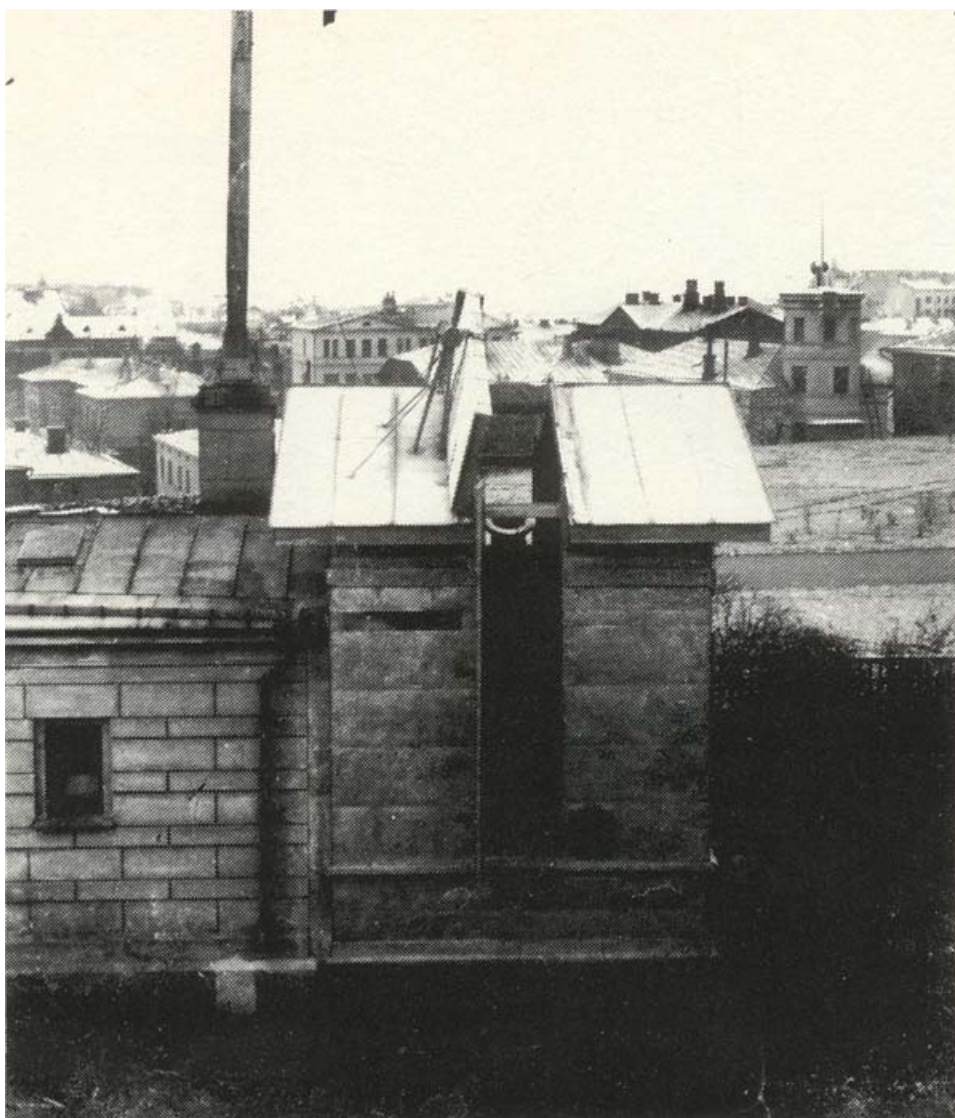
Samalla kun levy levyltä ja tähti tähdeltä mitattiin Helsingin vyöhykettä, mittaustuloksia muunnettiin lopullisiksi koordinaateiksi monivaiheisen menetelmän avulla.

Levyiltä mitattuja koordinaatteja oli ensiksi korjattava monilla mittausvälineestä johtuvilla korjauksilla. Sellaisia olivat levyyn kuvatun verkon, mikrometriruuvien ja tähtäysmikroskoopin kallistuksesta johtuvat virheet.

Sen jälkeen alkoivat muunnokset jotka olivat tarpeen, jotta mm. valotuksen aikana vallinneesta levyn vähäisestä asentovirheestä, ilmakehän refraktiosta, teleskoopin objektiivin kuvausvirheistä, kuten vääristymästä ja komasta johtuvat, tähden paikasta levyllä riippuvat korjaukset tulisivat tehdyiksi. Ja lopuksi oli siirryttävä levyn tasokoordinaateista taivaan pallokoordinaatteihin, rektaskensioon ja deklinaatioon.

Muunnoksen pääperiaatteena oli, että jokaiselle levyille kuvautui vähintään neljä tähteä, joiden rektaskensio ja deklinaatio tunnettiin meridiaani-

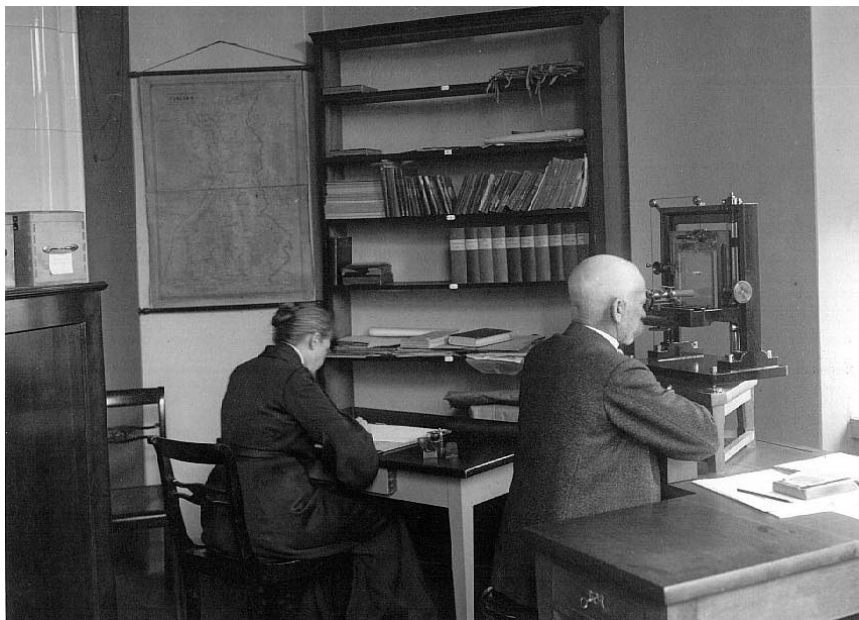




Kuva 66: Napaputken paviljonki rakennettiin kaksoisrefraktorin siipirakennuksen jatkeeksi. Siivessä oli lämmitettävä huone valokuvien kehittämistä varten. Taustalla näkyy etelässä Suomenlahti ja oikealla Helsingin merikoulu tähtitorneineen. Se rakennettiin 1860-luvulla ja purettiin 1916. (Observatorio).



Kuva 67: Kaksoisrefraktorin torni ja napaputkipaviljonki 1900-luvun alussa.  
(Observatorio)



Kuva 68: Observaattori Georg Dreijer tutkimassa kaksoisrefraktorilla otettua valokuvauslevyä Vilhelm Falck-Rasmussenin Helsingissä valmistamalla levyntarkastuslaitteella. Nanny Helin vasemmalla laskutyössä. Valokuva Observatorion itäisessä rotundassa todennäköisesti 1904. (Observatorio)

havainnoista. Kun naiden tähtien suorakulmaiset koordinaatit oli muiden kuvassa erottuvien tähtien kanssa mitattu levyltä, laskettiin niiden avulla muunnoksissa tarvittavat vakiot. Vakioita käytettiin sitten levyn muiden tähtien suorakulmaisten koordinaattien muuntamiseen rektaskensioiksi ja deklinaatioiksi. Tähtien määrä levyllä vaihteli suuresti, alimmillaan se oli noin 70, korkeimmillaan yli 1000. Suurimmat tähtitiheydet olivat Joutsenen tähtikuvion alueella, jossa Helsingin vyöhyke kulkee Linnunradan runsastähtisen alueen poikki. Pienimmät olivat taas Berenicen hiusten ja Ajokoirien suunnassa, alueella joka on Linnunradan pohjoisnavan lähellä [51]. Myös mittaus- ja muunnosmenetelmiä kehitettiin Helsingissä, ja Donner julkaisi useita niihin liittyviä periaatteita. Helsingin luettelon valmistamisessa käytettävät vakiot hän esitti vuonna 1894 Tiedeseuran Acta-sarjassa [52]. Koko kansainvälisen luettelotyön kannalta periaatteellisesti tärkeä oli Donnerin kehittämä menetelmä, jonka avulla samoista, vierekkäisillä levyillä esiintyvistä tähdistä tehdyt mittaukset yhdistetään niin, että lopulliset koordinaatit saadaan tarkemmin kuin yhdestä levystä mitattuna [53]. Myös taivaankarttahankkeen pysyvän kansainvälisen komitean sarjassa ja valokuvauskonferenssien sarjassa hän julkaisi useita selvityksiä Helsingin työn edistymisestä ja periaatekysymyksistä. Venäjän yhdennessätoista luonnontieteilijä- ja lääkärikokouksessa 1902 Pietarissa Donner esitti menetelmät, joilla hän ar-



Kuva 69: Aherrusta luettelotyön parissa Observatorion luentosalissa aivan 1900-luvun alussa. Edessä vasemmalta Wessel ja Furuhjelm. Takana O. Sederholm levynmittauskoneen ääressä, keskellä M. Biese ja oikealla Nanny Helin. (Observatorio).

vioi luetteloon otettavien tähtien suuruusluokat valokuvauslevyiltä.

Vuonna 1903 ilmestyi ensimmäisenä Helsingin luettelon neljäs osa "Catalogue photographique du ciel. Zone de Helsingfors. Entre  $+39^{\circ}$  et  $+47^{\circ}$ . Première Série: Coordonnées rectilignes et équatoriales. Tome IV", joka nimensä mukaisesti antoi Helsingin vyöhykkeen tähtien suorakulmaiset, levyiltä määrättyt koordinaatit sekä vastaavat koordinaatit taivaanpallolla eli rektaskensiot ja deklinaatiot. Lisäksi annettiin tähtien suuruusluokat. Ensimmäisenä ilmestynyt neljäs osa käsitti rektaskensiovälin 9. tunnista 12. tuntiin. Otsikon ilmaus "ensimmäinen sarja" viittaa alkuperäiseen suunnitelmaan, jonka mukaan ensiksi valmistettaisiin luettelo, jossa tähdet annetaan levy levyltä. Sen jälkeen oli määrä tehdä luettelo, toinen sarja, jossa koko vyöhykkeen tähdet annettaisiin kasvavan rektaskension mukaisessa järjestyksessä. Tätä toista sarjaa varten valmistettiin kortisto, mutta sitä ei ole julkaistu. Helsingin luettelo käsittää 284 663 tähden paikkaa. Kun useimmat tähdet esiintyvät levyillä vähintään kahdesti, on Helsingin vyöhykkeen luettelossa noin 120 000 tähteä. Niiden lopulliset paikat on saatu suurella tarkkuudella, todennäköiset virheet ovat rektaskensiossa pienempiä kuin 0,15 kaarisekuntia ja deklinaatiossa alle 0,1 kaarisekuntia. Suuruusluokkien tarkkuus on noin 0,1 magnitudia [54].

Helsingin luettelon kahdeksan osaa ja päätösosa ilmestyivät kahtenatois-

ta suurikokoisena niteenä niin että varsinaisen luettelon viimeinen osa VII,2 ilmestyi vuonna 1937. Osat I-II ja V-VIII Donner julkaisi yhdessä Furuhejmin sekä osat VII ja VIII,2 lisäksi yhdessä Gustaf Järnefeltin (s. 1901) kanssa. Kolmen ensimmäisen osan painamisen kustansi Helsingin yliopisto. Seuraavien osien julkaisemiseen Suomen eduskunta myönsi erikseen varat valtion budjetissa [55].

Vaikka työn suoritustapa säilyi muuttumattomana vuodesta 1897 lähtien, Donner julkaisi Helsingin luettelon menetelmiä selostavan osan (tomus 1,1) vasta kahdeksantena, vuonna 1929. Hän halusi sisällyttää mukaan luettelon lopullisessa toimitusvaiheessa mahdollisesti muodostuvat ratkaisut.

## Tehtäviä luettelon toimitustyön ohella

Donnerin osaksi tuli monia huomionosoituksia. Hän toimi useissa Pariisissa pidetyissä kansainvälisissä tähtivalokuvauskokouksissa erikoistehtävissä [56]. Donner oli Astronomische Gesellschaftin hallituksen jäsen 1922-1930 ja varapuheenjohtaja 1922-1924.

Vuonna 1905 Donner kieltäytyi yliopiston rehtorin virasta valokuvaustyön aiheuttamiin töihin vedoten. Vuonna 1911 hänet valittiin kuitenkin tehtävään, jossa hän jatkoi kunnes erosi rehtorin ja tähtitieteen professorin virasta 60-vuotiaana 1915. Yliopiston kanssa tekemänsä sopimuksen perusteella hän edelleenkin johti luettelotyötä ja sitä palvelevaa toimistoa.

Donner toimi Yliopiston kanslerin sijaisena vuosina 1917-1919 sekä kanslerina 1921-1926. Suomen Tiedeseuraan Donner valittiin 1889. Hän oli sen puheenjohtaja kahteen otteeseen ja pysyvä sihteeri 1908-1921. Donnerin 75-vuotispäivänä vuonna 1929 Tiedeseura kutsui hänet kunniajäsenekseen. Donner sai valtioneuvoksen arvon vuonna 1913.

## Ominaisliiketutkimuksia

Pariisissa pidettiin huhtikuussa 1909 tähtivalokuvaushankkeen kansainvälinen kokous, jossa Donner esitti, että kun vanhimpien luettelolevyjen ottamisesta olisi kohta ehtinyt kulua kaksi vuosikymmentä, voitaisiin samoista alueista samoilla menetelmillä ja välineillä otettuja uusia kuvia vanhoihin vertaamalla löytää tähtiä, joilla on huomattava ominaisliike, ja mitata liikkeitä [57]. Ominaisliiketähtien etsimistä ja mittaamista varten hankittiin Observatorioon Zeissin tehtaan valmistama stereokomparaattori, jolla kahden valokuvauslevyä voi vertailla, löytää liikkuneet tähdet nopeasti ja mitata siirtymät.

Helsingissä kuvattiin luettelolevyt uudelleen vuosina 1909-1913. Jotta refraktion, aberration ja parallaksin vaikutus olisi molemmissa kuvissa sama eikä aiheuttaisi paikkojen erotuksina määrättävissä ominaisliikkeissä virhet-





Kuva 70: 1904 Donner täytti 50 vuotta. Tähtivalokuvaustoimiston henkilökunta lahjoitti hänelle valokuva-albumin, jossa kaikki esiintyivät ”ryhmäkuvasa”. (Observatorio)

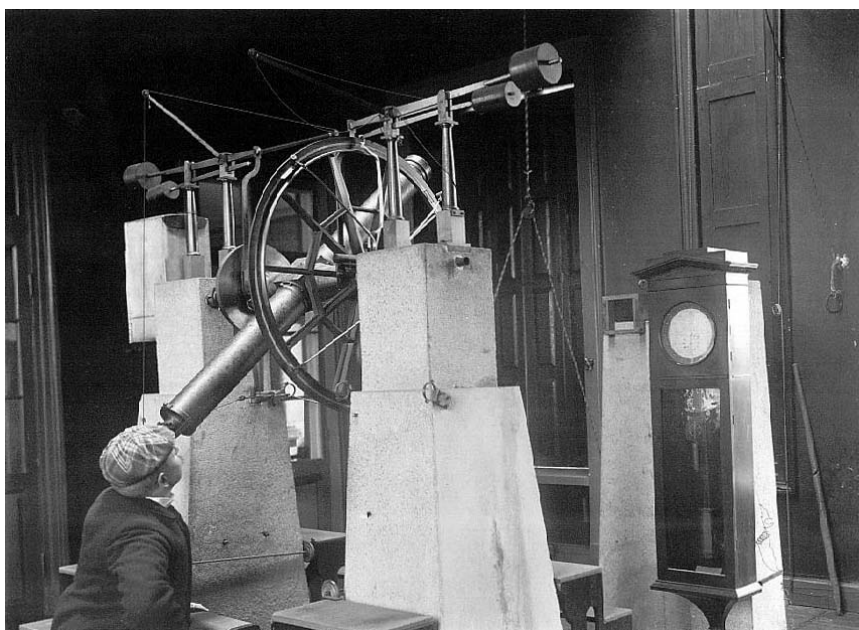
tä, uudet kuvat otettiin mahdollisimman tarkoin samaan vuoden- ja vuorokaudenaikaan kuin vastaavat vanhat levyt.

Ominaisliikkeitä mittasi ja tutki Ragnar Furuhielm (1879-1944). Hänet nimitettiin tähtitieteen henkilökohtaiseksi ylimääräiseksi professoriksi 1918. Furuhielm julkaisi ominaisliikkeitä kolmena luettelona, vuosina 1916, 1926 ja 1947 [58]. Luetteloissa on yhteensä 4121 tähden ominaisliikkeet rektaskensioväliltä 3-12 tuntia. V. Ölander toimitti viimeisen osan valmiiksi Furuhielmin kuoltua liikenneonnettomuudessa. Furuhielm oli vuodesta 1917 eduskunnan jäsen, toimi ruotsalaisen eduskuntaryhmän puheenjohtajana 1924-1932 ja 1935-1944 sekä toimi apulaisvaltiovarainministerinä 1932-1933. Mittaus- ja laskutyöt antoivat niin paljon työtä, että valokuvien ottaminen kaksoisrefraktorilla jäi vuosiksi vähäiseksi. Kumlingeeseen tehdyn auringonpimennysretken jälkeen syksyllä 1914 instrumenttia ei heti pystytetty torniinsa. Asian tilaan vaikutti myös maailmansodan aiheuttama epävarmuus.

Talvella 1921-1922 V. Ölander otti uusia kuvia Berenicen hiusten suunnassa sijaitsevasta tähtijoukosta, jota jo 1891 oli Helsingissä kuvattu. Hän selvitti mittaamiensa ominaisliikkeiden perusteella, mitkä alueella näkyvistä tähdistä ovat tähtijoukon fyysillisiä jäseniä [59].



Kuva 71: Orionin suuri kaasusumu Messier 42. Kuvan ottivat Furuhjelm ja ylioppilas Alan Franck Observatorion kaksoisrefraktorilla 30.1.1911. Valotusaika kuusi tuntia. Osasuurennus. (Observatorio)

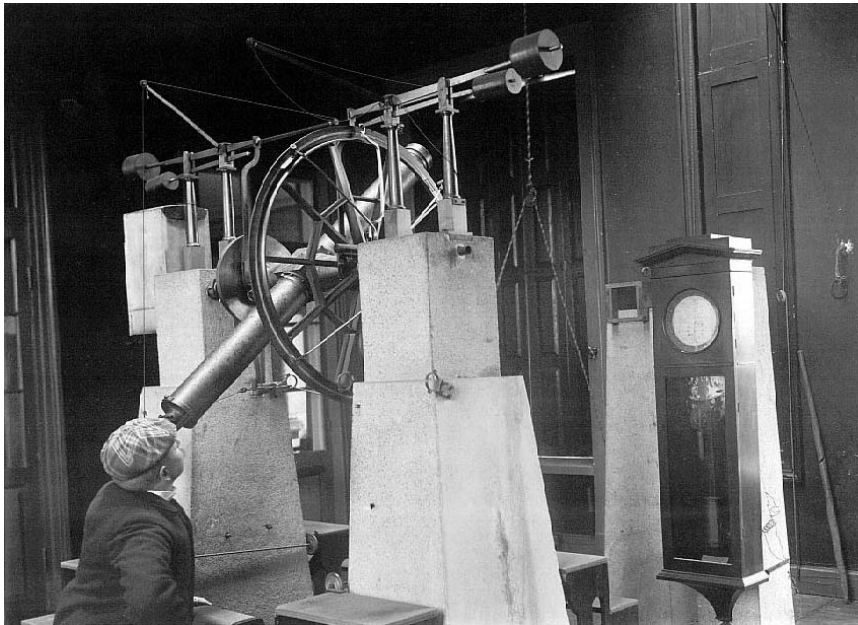


Kuva 72: Emil Wessel Observatorion meridiaaniympyrän ääressä 1900-luvun ensimmäisinä vuosina. Oikealla Argelanderin kellonvalmistaja F. Hauthitta Pietarista v. 1836 hankkima kello. (Observatorio)





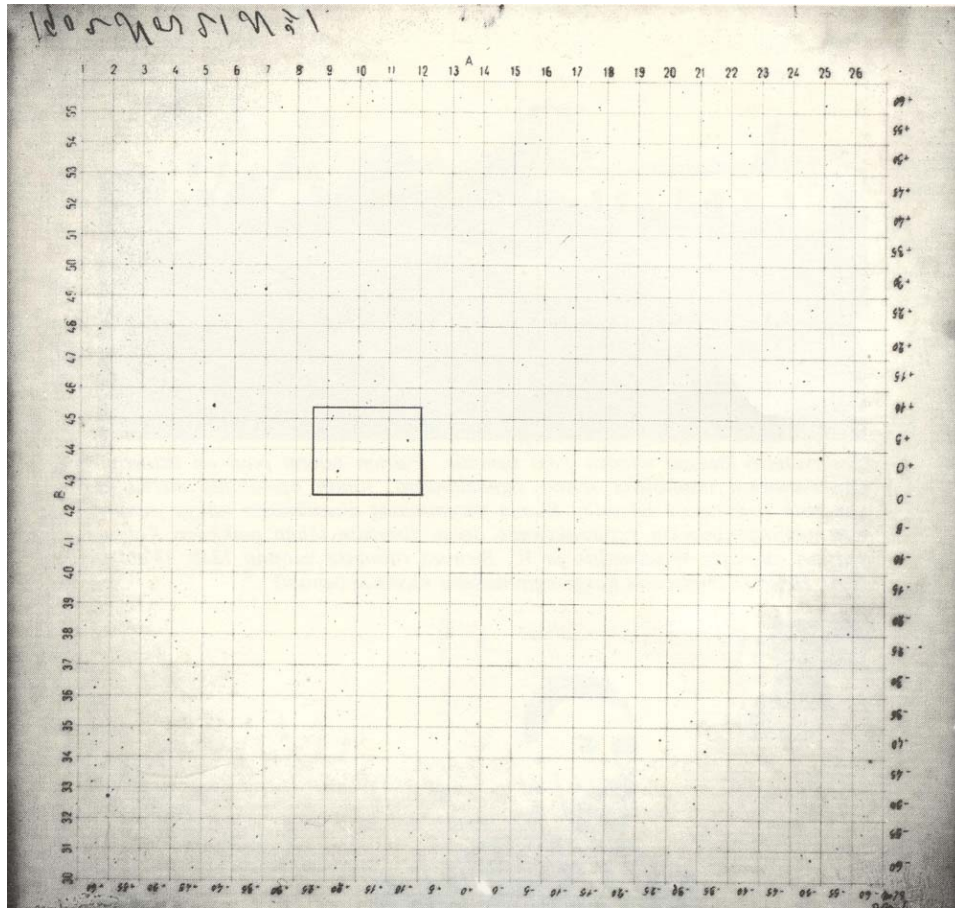
Kuva 73: Observatorio kuvattuna pohjoisesta Unioninkadulta 1890-luvun alussa. Kaksoisrefraktorin torni näkyy päärakennuksen itätornin takaa. Kukkula oli vielä jokseenkin paljas. (Valok. Ida von Gericke/Helsingin kaupunginmuseon kuvakokoelmat)



Kuva 74: Observatorio etelästä vuoden 1900 tienoilla. Puiston nuoret puut on istutettu. Observatorion itäpuolella seisoo signaalimasto, johon nostetuilla merkeillä annettiin tiedotuksia laivoille. Kuvan vasemmassa alakulmassa näkyy puolittain meridiaanimerkin suojarakennus, joka siirrettiin tähän paikkaan Kaivopuiston rannasta Woldstedtin ja W. Struven toimesta vuonna 1848. (Valok. E.A. Hellman/Helsingin kaupunginmuseon kuvakokoelmat)



Kuva 75: Anders Donnerin muotokuva. Eero Järnefeltin maalaus vuodelta 1926. (Helsingin yliopisto)

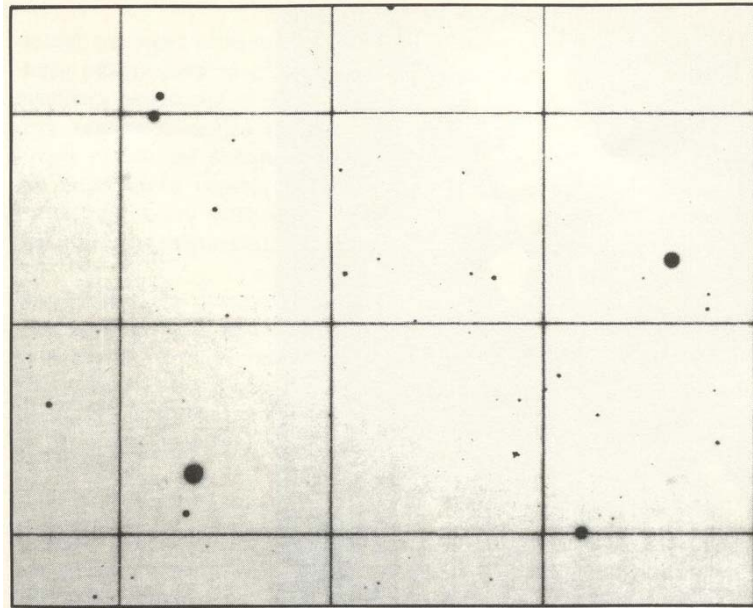


Kuva 76: Helsingin vyöhykkeen karttalevy n:o 788 Lyyran tähtikuvion suunnasta. Levyn keskipisteen rektaskensio on  $18^h 40^m$  ja deklinaatio  $46^\circ$ , valotusaika yksi tunti. Kuvannut Emil Wessel 21.11.1902. Kehystetty alue on suurennettuna kuvassa 77. (Observatorio)

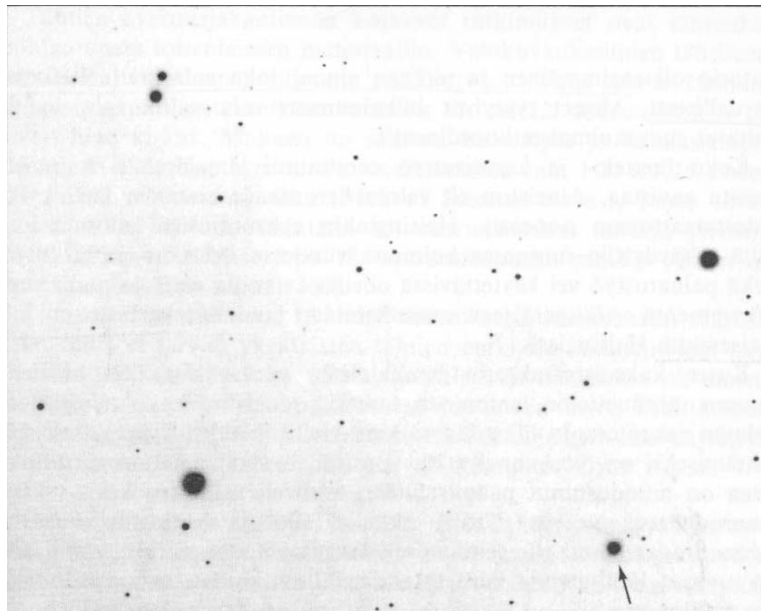
## Helsingin valokuvauksellisen tähtiluettelon merkityksestä

Donnerin johdolla valmistettu laaja tähtiluettelo on esimerkillisen tarkka ja huolella laadittu. Sen aikaansaaminen osoittaa poikkeuksellista määrätietoisuutta, sitkeyttä ja järjestelytaitoa. Helsingin observatorio oli ensimmäinen ja pitkään ainoa, joka valmisti luettelonsa täydellisenä. Monet tyytyivät julkaisemaan vain valokuvauslevyiltä mitatut suorakulmaiset koordinaatit.

Koko luettelo- ja kartoitustyö osoittautui laajemmaksi kuin oli osattu aavistaa. Aineiston eli valokuvien aikaansaaminen kävi kyllä odottamattoman nopeasti. Helsinginkin epäsuotuisissa olosuhteissa siitä selviydettiin runsaassa kolmessa vuodessa. Mittaus- ja laskutyö sekä painatustyö vei käytettä-



Kuva 77: Edellisessä kuvassa kehystetty alue suurennettuna. Viivojen väli alkuperäisellä levyllä on 5 mm, joka vastaa 5 kaariminuuttia taivaalla.



Kuva 78: Sama alue samalla välineistöllä V. Ölanderin 7.11.1948 kuvaamana eli 46 vuotta myöhemmin. Muutamat tähdet ovat siirtyneet kuvausten välillä, niillä on suuri ominaisliike. Oikeasta alakulmasta on nuolella osoitettu 9. suuruusluokan tähti BD +45°2765, joka on kuvien välillä liikkunut noin 12 kaarisekuntia. Muutamia tähti ei näy toisessa lainkaan, tai niiden kirkkaus on erilainen. Ne saattavat olla muuttujia. (Observatorio)

vissä olleilla keinoilla neljä ja puoli vuosikymmentä. Alkuperäiseen suunnitelmaan kuulunut kartasto jäi julkaisematta Helsingissä.

Kuten kaksoisrefraktorin hankkimisen perusteluissa oli todettu, suuren tähtiluettelon laatiminen tuottaisi aineistoa koko tähtijärjestelmän rakenteen ja liiketilan tutkimukselle. Näiden kysymysten selvittämiseksi on työskennelty 20. vuosisadan aikana paljon, ja tuloksena on muodostunut pääpiirteiltään edelleen vallitseva käsitys Linnunradan rakenteesta, tähtien liikkeistä siinä ja Auringon asemasta Linnunradassamme. Ongelmien selvittämiseen ovat merkittävän lisänsä tuoneet 1950-luvulta lähtien tähtienvälisen kaasun radioastronomiset tutkimukset.

Tähtien avaruusjakautumaa koskevat tutkimukset ovat kuitenkin pohjautuneet toisenlaiseen materiaaliin. Valokuvauksellinen tähtiluettelo ei laajuudestaan huolimatta sisältänyt riittävästi tähtiä. Linnunradan rakenteen tutkimuksen kannalta 11. tai 12. suuruusluokka on aivan liian kirkas. Mukaan on saatava heikompia ja kaukaisempia tähtiä. Jo 1906 Kapteyn esitti suunnitelmansa vain 1,25 x 1,25 asteen kokoisista valituista alueista (Plan of Selected Areas), joissa tutkimukset tulisi ulottaa vähintään 15. suuruusluokan tähtiin, pienemmissä sovituissa alueissa jopa 18. suuruusluokkaan saakka. Alueet oli jaettu tasaisesti yli taivaan [60].

Linnunradan rakenteen tutkimus on toisaalta luonteeltaan tilastollista. Siinä ei tarvita yksittäisten tähtien paikkoja lähimainkaan niin suurella tarkkuudella kuin valokuvauksellisessa luettelossa oli annettu. Tähtien kirkkauksien mittaukseen jouduttiin myös kehittämään keinoja, jotka olivat paitsi valokuvauksellisissa luetteloissa käytettyä arviointimenetelmää tarkempia, ottivat huomioon myös tähtien erilaiset värit eli niiden spektriluokat.

Ominaisliikkeiden määräyksessä ja siten tähtien etäisyyksien mittauksessa ja Linnunradan liiketilan selvittämisessä valokuvaustyöllä olisi ollut suuret mahdollisuudet. Ne jäivät paljolti kuitenkin käyttämättä. Helsingin vyöhyke käsittää vain osan taivasta eikä sellaisenaan tarjoa paljonkaan mahdollisuuksia koko Linnunrataa tai esimerkiksi Auringon liikettä koskeviin tutkimuksiin.

Kun muut hankkeeseen alunperin lähteneet observatoriot eivät toimittaneet ajoissa omia osuuksiaan valmiiksi, yhtenäiseen järjestelmään muunneltua, koko taivaan käsittävää aineistoa ei voitu koota ja muodostaa. Helsingin tai muiden vyöhykkeiden ominaisliikkeet olisi pitänyt siirtää yhteiseen absoluuttijärjestelmään, jotta niitä olisi voinut tehokkaasti käyttää. Esimerkiksi Jan Oort (s. 1900) käytti vuonna 1927 Linnunradan differentiaalipyörimistä selvittäessään yhden amerikkalaisen observatorion yli taivaan ulottamia ominaisliiketutkimuksia [61].

Helsingin vanhaa levymateriaalia ja uudelleen kuvattuja levyjä on käytetty kyllä Linnunradan rakenteen tutkimuksen kannalta keskeisten kefeidityyppisten muuttujien ominaisliikkeiden ja edelleen tilastollisten etäisyyksien määräykseen [62]. Suurten Schmidt-kameroiden avulla tehty taivaankartoitus, joka ulottuu 20. suuruusluokkaan saakka, jopa heikompiinkin tähtiin,



Kuva 79: Ragnar Furuhjelm in muotokuva. Markus Collinin maalaus vuodelta 1934. (Nylands Nation).





Kuva 80: Victor Ölander etsimässä ja mittaamassa ominaisliiketähtiä kahdesta eri aikana otetusta valokuvauslevystä Observatorion stereokomparaattorilla. Seinällä Gerda Qvistin reliefi Anders Donnerista.

ja automaattiset levyjenmittauslaitteet ovat tuottaneet ja tuottavat runsaasti ominaisliikeaineistoa.



# Karl F. Sundman ja taivaanmekaniikan tutkimus

## Opinnot

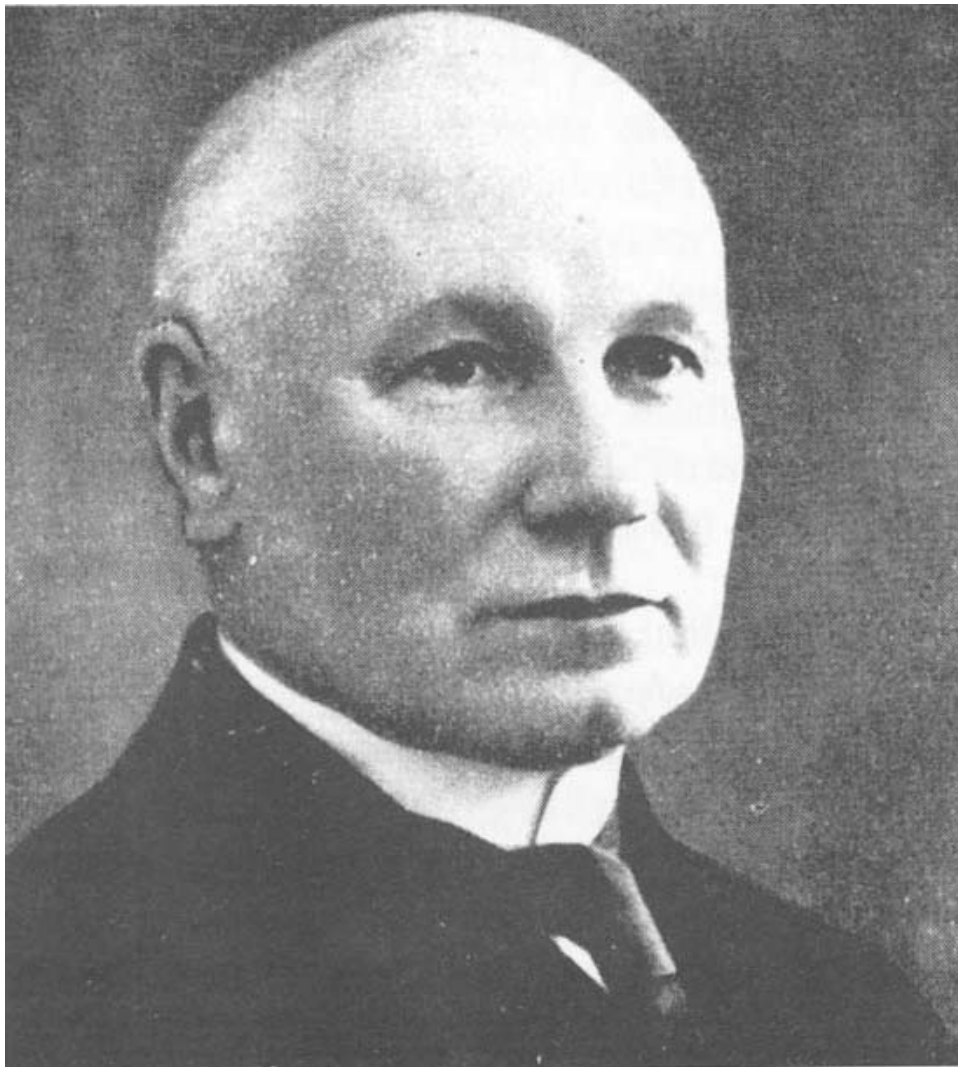
Karl Frithiof Sundman (1873-1949) luki omin päin ylioppilaaksi ja kirjoittautui Yliopistoon vuonna 1893. Vuosina 1894-1897 Sundman toimi assistenttina Observatoriossa. Valokuvauksellinen tähtiluettelotyö oli käynnissä ja siihen Sundmankin osallistui. Vuonna 1897 hänet promovoiitiin filosofian maisteriksi, ja hän siirtyi Pulkovaan. Siellä hän työskenteli vuoteen 1899.

Sundman oli osoittanut erinomaisia matemaattisia lahjoja ja taipumusta teoreettiseen tähtitieteeseen. Pulkovassa työskentelevä Oscar Backlund oli ottanut edesmenneen Hugo Gyldénin pyynnöstä valmistaakseen loppuun Gyldénin kahdeksan ison planeetan absoluuttiratoja koskevan suurtyön. Gyldén oli ehtinyt valmistaa ensimmäisen osan ja hiukan toista [1]. Loppuosasta oli vain epätäydellisiä muistiinpanoja. Pulkovassa Sundman avusti ratkaisevasti Backlundia teoksen loppuunsaattamisessa. He julkaisivat sen vuonna 1908 [2].

Sundmanin väitöskirja "Über die Störungen der kleinen Planeten, speciel derjenigen, deren mittlere Bewegung annähernd das Doppelte Jupiters beträgt" ilmestyi vuonna 1901 [3]. Vuonna 1903 Sundman sai filosofian tohtorin arvon. Jo edellisenä vuonna hänet oli nimitetty tähtitieteen dosentiksi. Vuosina 1903-1906 Sundman työskenteli kamariherra Rosenbergin matkapurahan turvin Göttingenissä, Pariisissa, Münchenissä, Leipzigissä ja Berliinissä. Helsingin yliopiston henkilökohtaiseksi ylimääräiseksi professoriksi hänet nimitettiin vuonna 1907.

## Taivaanmekaniikan kehitys 1900-luvun alkuun saakka

Newtonin luoma taivaanmekaniikka kykeni täydellisesti käsittelemään kahden kappaleen ongelman, eli selvittämään, kuinka kaksi kappaletta, jotka vaikuttavat toisiinsa Newtonin vetovoimalain mukaan, liikkuvat toistensa suhteen. Samalla se on monimutkaisin tapaus, joka suljetussa muodossa voi-



Kuva 81: Karl Frithiof Sundman (1873-1949)

daan ratkaista. Kahden kappaleen tapauksessa saadaan liikeyhtälöksi toisen kertaluvun vektoriarvoinen differentiaaliyhtälö, jonka ratkaisemiseksi tarvitaan kuusi integroimisvakiota eli integraalia. Nämä voivat olla vaikkapa paikka- ja nopeusvektorit tai Aurinkoa kiertävän planeetan rataelementit. Avaruudessa kuitenkin on huomattava määrä muita kappaleita, joten puhdasta kahden kappaleen tapausta ei ole olemassakaan. Käytännössä muut kappaleet useinkin voidaan unohtaa ja ottaa niiden vaikutus huomioon vain pieninä häiriötermeinä.

Usein pelkkä häiriöteorian käyttö ei kuitenkaan riitä. Tällaisia tilanteita ovat esimerkiksi Jupiterin kanssa samalla radalla kiertävien, ns. troijalaisten asteroidien ratojen laskeminen, kolmen toisiaan kiertävän tähden liikkeiden tutkiminen, tai nykyisin luotaimen lähettäminen esimerkiksi Maasta Kuuhun.

Jos kolmannen kappaleen massa on häviävän pieni kahteen muuhun verrattuna, tilanne yksinkertaistuu huomattavasti. Tällöin on tapana puhua rajoitetusta kolmen kappaleen probleemasta. Rajoitettu kolmen kappaleen ongelma on peräisin jo vuodelta 1772 [4], jolloin Leonhard Euler (1707-1783) esitti Kuun liikettä koskevan teorian. Sen avulla kuutauluja voitiin laskea riittävän tarkasti käytännön tarpeita varten. Toinen Eulerin käyttöönottama uudistus oli regularisointi, jossa sopivalla konformikuvauksella poistetaan liikeyhtälöihin mahdollisesti tulevat singulariteetit.

Samaan aikaan J. L. de Lagrange (1736-1813) pystyi redusoimaan kolmen kappaleen tapauksessa syntyvän 18. asteen differentiaaliyhtälön asteluvun seitsemään, mutta ei onnistunut löytämään enää ainoatakaan puuttuvista integraaleista. Sen sijaan hänen onnistui laskea ainoat täsmällisesti tunnetut ratkaisut viidessä erikoistapauksessa. Näitä erikoispisteitä kutsutaan Lagrangen pisteiksi L1-L5.

Seuraava huomattava edistysaskel tapahtui vuonna 1836. C. G. J. Jacobi (1804-1851) pystyi osoittamaan, että on mahdollista löytää eräs vakio, Jacobin integraali [5], joka kertoo, millä alueella kappale voi liikkua. Jacobin integraali on jossain mielessä sukua kahden kappaleen energiaintegraalille, vaikka ei todellinen energia olekaan, sillä se on laskettu kiihtyvässä liikkeessä olevassa koordinaatistossa. Käytännön laskukaavat kehitti täydellisimmiksi J. H. Poincaré (1854-1912), jonka teoksen ”Les Méthodes Nouvelles de la Mécanique Céleste” kolmas osa ilmestyi vuonna 1899 [6].

## Sundman ja kolmen kappaleen ongelma

Tällainen oli tilanne 1900-luvun alussa, kun Sundman alkoi tutkia taivaanmekaniikkaa. Sundman lähestyi kolmen kappaleen ongelmaa valitsemalla liikeyhtälöihin uuden apumuuttujan, joka oli ajan ja paikkavektorien funktio. Tällä regularisoinnilla väitettiin mm. lähekkäisissä kohtaamisissa syntyviä singulaarisia tilanteita. Vaikka yhtälöiden asteluku apumuuttujan myötä



Kuva 82: Observatorion ympärille oli 1900-luvun ensimmäisellä vuosikymmenellä kasvanut lehtevä puisto. Kaasulyhdyn vierellä on järjestystä valvova konstaapeli. (Valok. N. Vasastjerna / Helsingin kaupunginmuseon kuvakokoelmat)



Kuva 83: Observatorion kaksoisrefraktorin torni idästä nähtynä 1920-luvulla. (Valok. Max Meyer / Helsingin kaupunginmuseon kuvakokoelmat)

kasvoikin yhdellä, tulivat ne samalla yksinkertaisemmiksi.

Idea ei toki ollut uusi, mutta Sundman pystyi osoittamaan, että apumuuttujan potenssien mukaan esitetty sarjakehitelmä suppeni kaikilla ajanhetkillä ja että tästä kehitelmästä saatiin kullekin ajanhetkelle myös paikakavektorit. Äärettömät sarjat eivät sovellu käytännön laskuihin, esimerkiksi efemeridien määrittämiseen, mutta tuloksilla on huomattava teoreettinen merkitys. Jossain mielessä Sundmanin ratkaisuja voidaan verrata Jacobin integraaliin.

Uransa aikana Sundman julkaisi suhteellisen vähän, ja näistä harvoista julkaisuista tärkeimmät ilmestyivät vuosina 1907-1915. Hänen päätyönsä muodostavat yleisen kolmen kappaleen ongelman ratkaisemiseen liittyvät julkaisut "Recherches sur le problème des trois corps" vuodelta 1907 [7], vuonna 1909 ilmestynyt "Nouvelles recherches sur le problème des trois corps" [8] ja Acta Mathematicassa vuonna 1912 julkaistu kooste "Mémoire sur le problème des trois corps" [9]. Tutkimuksistaan Sundman sai Ranskan tiedeakatemian arvostetun de Pontécoulantin palkinnon nimenomaan tätä tarkoitusta varten kaksinkertaistettuna vuonna 1913.

Sundmanin edellisiä paljon tuntemattomammaksi jäänyt työ koski planeettojen häiriöteoriaa. Vuonna 1915 Anders Donnerille omistettuun juhla kirjaan sisältyneessä tutkimuksessa "Plan d'une machine destinée à donner les perturbations des planètes" [10] hän esittää erityisen analogiatietokoneen, perturbografin, periaatteen. Sundman oli tässä ehkä vuosikymmeniä aikaansa edellä. Maailmansodan melskeissä artikkelia ei huomattu, eikä laitetta rakennettu täydellisesti [11]. Myöhemmin kehitettiin samantapaisia analogiatietokoneita differentiaaliyhtälöiden ratkaisemiseksi.

Laitehankinnat olivat Sundmanin aikana melko vähäiset. Kaksoisrefraktorilla otettujen spektrilevyjen tutkimista varten hankittiin mikrodensitometri vuonna 1939.

Vuoden 1914 auringonpimennyshavainnoista ilmestyi pimennyksen kontaktihetkihavaintoja käsittelevä Sundmanin julkaisu vuonna 1916 [12]. Vuonna 1915 häneltä oli teoksessa "Encyklopädie der mathematischen Wissenschaften" ilmestynyt laajahko artikkeli "Theorie der Planeten" [13]. Sundmanin viimeinen julkaisu vuodelta 1948 koskee Kuun ja Auringon liikkeitä vuonna 1945 Suomessa täydellisenä näkyneen auringonpimennyksen aikana [14].

## Virantäyttö Donnerin jälkeen

Vuoden 1911 syyskuusta lähtien Sundman hoiti tähtitieteen varsinaisen professorin virkaa, kun Donner oli Yliopiston rehtorina. Vuonna 1915 Anders Donner erosi. Virkaa hakivat Pulkovassa työskennellyt Helsingin yliopiston tähtitieteen dosentti Toivo Ilmari Bonsdorff (1879-1950), dosentti Ragnar Furuhielm ja Sundman. Bonsdorff oli suorittanut kandidaatin tutkintonsa Helsingissä 1903 ja siirtynyt Pulkovaan assistentiksi [15].



Kuva 84: Elokuussa 1914 tehtiin tutkimusretki Ahvenanmaan Kumlingeen täydellisen auringonpimennyksen havaitsemiseksi. Kaksoisrefraktorin suojaksi rakennettiin paviljonki. (Observatorio)

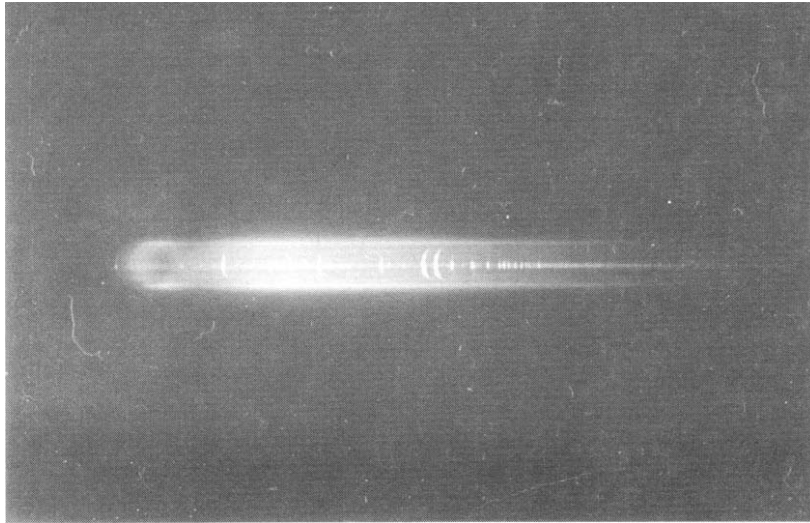


Kuva 85: Kaksoisrefraktorin pystytys käynnissä Kumlingessa elokuussa 1914 täydellistä auringonpimennystä varten. (Observatorio)





Kuva 86: Vuoden 1914 auringonpimennyksen aikana kuvattiin Auringon kromosfäärin leimahdusspektri. Sitä varten hankittiin spektrografi kaksoisrefraktoriin. Myöhemmin kojetta käytettiin myös tähtien spektrien kuvaamiseen. (Observatorio)



Kuva 87: Vuoden 1914 auringonpimennyksen aikana kuvattu leimahdusspektri. Kun Auringon pinta peittyy Kuun taakse, spektristä häviävät kirkas kontinuumiosa ja Auringon ilmakehän alaosassa syntyvät mustat absorptioviivat. Jäljelle jäävät ilmakehän yläosassa, kromosfäärissä muodostuvat värikkäät emissiovivat. Koska spektrin muoto muuttuu pimennyksen aikana äkillisesti, sitä sanotaan leimahdusspektriä. (Observatorio)

Virantäyttöesityksessä 1.6.1917 konsistori asetti ensimmäiselle sijalle Sundmanin. Ulkomaisina asiantuntijoina oli käytetty Kapteynia, hollantilaista van de Sande Bakhuyzenia ja tanskalaista Elis Strömgreniä. Lausunnot olivat kovin epäyhtenäisiä, ja ehdollepano johti valituksiin. Keskeiseksi nousi kysymys, olisiko annettava etusija teoreettisena tutkijana kiistattomasti ansioituneelle Sundmanille, vai pantava painoa käytännöllisen tähtitieteen johtamisedellytyksille Observatoriossa. Konsistorissa käydyssä keskustelussa tuotiin voimakkaasti esiin tarve perustaa toinenkin tähtitieteen professorin virka, jotta Yliopistossa olisi sekä teoreettisen että käytännöllisen tähtitieteen oppituoli [16].

Ehdollepano jäi ennalleen ja Sundman nimitettiin varsinaiseksi professoriksi vuonna 1918. Kuten aiemmin on kerrottu, Furuhjelm sai henkilökohdaisen professorin viran samana vuonna. Silloin perustettiin myös Geodeettinen laitos ja Bonsdorff nimitettiin sen johtajaksi. Tähtitieteen professorina Sundman toimi vuoteen 1941.

# Suomen tähtitieteen myöhempiä vaiheita

Vuonna 1945 Helsingin yliopiston tähtitieteen professoriksi nimitettiin Gustaf Juhana Järnefelt (s. 1901). Hän osallistui Donnerin johtamiin tähtivalokuvaus- ja luettelotöihin vuodesta 1919 lähtien ja myös alettuaan hoitaa Observatorion assistentin ja observaattorin toimia vuodesta 1923. Hän väitteli filosofian tohtoriksi vuonna 1929 matematiikan alalta [1] ja nimitettiin tähtitieteen dosentiksi 1937. Järnefeltin tutkimustyön suuntautunut pääasiassa suhteellisuusteoriaan ja erityisesti sen taivaanmekaanisiin sovellutuksiin sekä teoreettiseen kosmologiaan. Hänen johdollaan Observatoriossa jatkettiin myös joitakin taivaanvalokuvaus- ja ominaisliikkeitä.

Talvi- ja jatkosodan (1939-1944) aikana Observatoriolle oli sijoitettu ilmatorjuntapatteri. Varsinkin vuoden 1944 helmi- ja kesäkuun ilmahyökkäyksissä Tähtitorninmäelle putosi useita pommeja, jotka tärisyttivät kaksoisrefraktorin rakennusta niin, että kupolin luukut eivät enää kunnolla sulkeutuneet. Pahemmilta vaurioilta Observatorio säästy. Kaksoisrefraktori evakuoitiin vuonna 1944, mutta kun se oli Helsingin rautatieasemalla lähdössä, alkoi ankara pommitus. Teleskooppi säilyi vahingoittumatta, eikä sitä lähdetty viemään maaseudulle, vaan palautettiin Tähtitorninmäelle [2].

Sodan jälkeen Observatoriolle hankittiin vuonna 1948 Turussa valmistunut valovoimainen Schmidt-teleskooppi, jolla tehtiin myös spektroskooppisia tutkimuksia.

Suomalaiseen tähtitieteeseen tuli uusi haara, kun vuoden 1952 alusta Helsingin yliopistoon perustettiin Radioastronominen asema henkilökohtaiseksi ylimääräiseksi professoriksi edellisenä vuonna nimitetyn Jaakko Vilhelmi Tuomisen (s. 1909) aloitteesta. Tällöin radioastronominen tutkimus oli vielä alkuvaiheissaan, ja siinä pystyi olemaan mukana pienilläkin resursseilla. Silloinen tekniikan ylioppilas Jorma Riihimaa ehdotti Tuomiselle radioastronomiseen havaintotoimintaan ryhtymistä. Riihimaa toimi uuden laitoksen palveluksessa vuoteen 1966 saakka. Jaakko Tuominen aloitti opintonsa uudessa Turun yliopistossa, jossa toimi jonkin aikaa tähtitieteen assistentinakin. Hän kiinnostui jo opiskeluaikanaan ennen kaikkea astrofysiikasta. Tämän tähtitieteessä keskeiseksi [3] muodostuneen alan opiskeluun ei kuiten-

kaan ollut mahdollisuuksia Suomessa. Tuominen opiskeli astrofysiikka teki siihen liittyvää tutkimustyötä Euroopassa ja Amerikassa 1933-1937, 1938-1940 ja 1946-1950. Vuonna 1938 hän suoritti Helsingin yliopistossa lisensiaatin tutkinnon ja väitteli tohtoriksi [4].

Radioastronominen asema sai työhuoneen Fysiikan laitokselta ja havaintoasema, joka käsitti pienen parakin ja radioantennin rakennettiin Yliopiston maalle Helsingin Viikkiin. Ensimmäiset radioastronomiset havainnot tehtiin elokuussa 1953 radiolähteistä Cassiopeia A ja Cygnus A [6]. Tarkoituksena oli radiolähteiden vilkkumisilmiön selvittäminen. Myöhemmin radioastronomisia havaintoja tehtiin myös muun muassa vuoden 1954 auringonpimennyksestä ja radiolähteiden peittymisistä Kuun taakse. Radioastronominen asema otti osaa kansainvälisen geofysikaalisen vuoden 1957 ohjelmiin Viikissä, Keimolassa ja Sodankylässä. Lokakuun 4. päivänä 1957 Neuvostoliitto lähetti ensimmäisen tekokuun, ja silloin käynnistettiin myös satelliittihavaintotoiminta Järnefeltin johdolla. Havainnot tehtiin Ilmatieteen laitoksen Jokioisten observatoriossa.

Radioastronominen havaintoasema siirrettiin 1959 radiohäiriöiden vuoksi Viikistä Helsingin maalaiskunnan (nykyisin Vantaa) Keimolaan. Itse laitos taas sai paremmat toimitilat Etelä-Hesperiankadulta.

Myöhemmin 1960-luvulla radioastronominen havaintoasema siirrettiin Yliopiston omistamalle Metsähovin tilalle Kirkkonummelle. Keimolassa ja Metsähovissa havaittiin mm. Jupiterin radiosäteilyä.

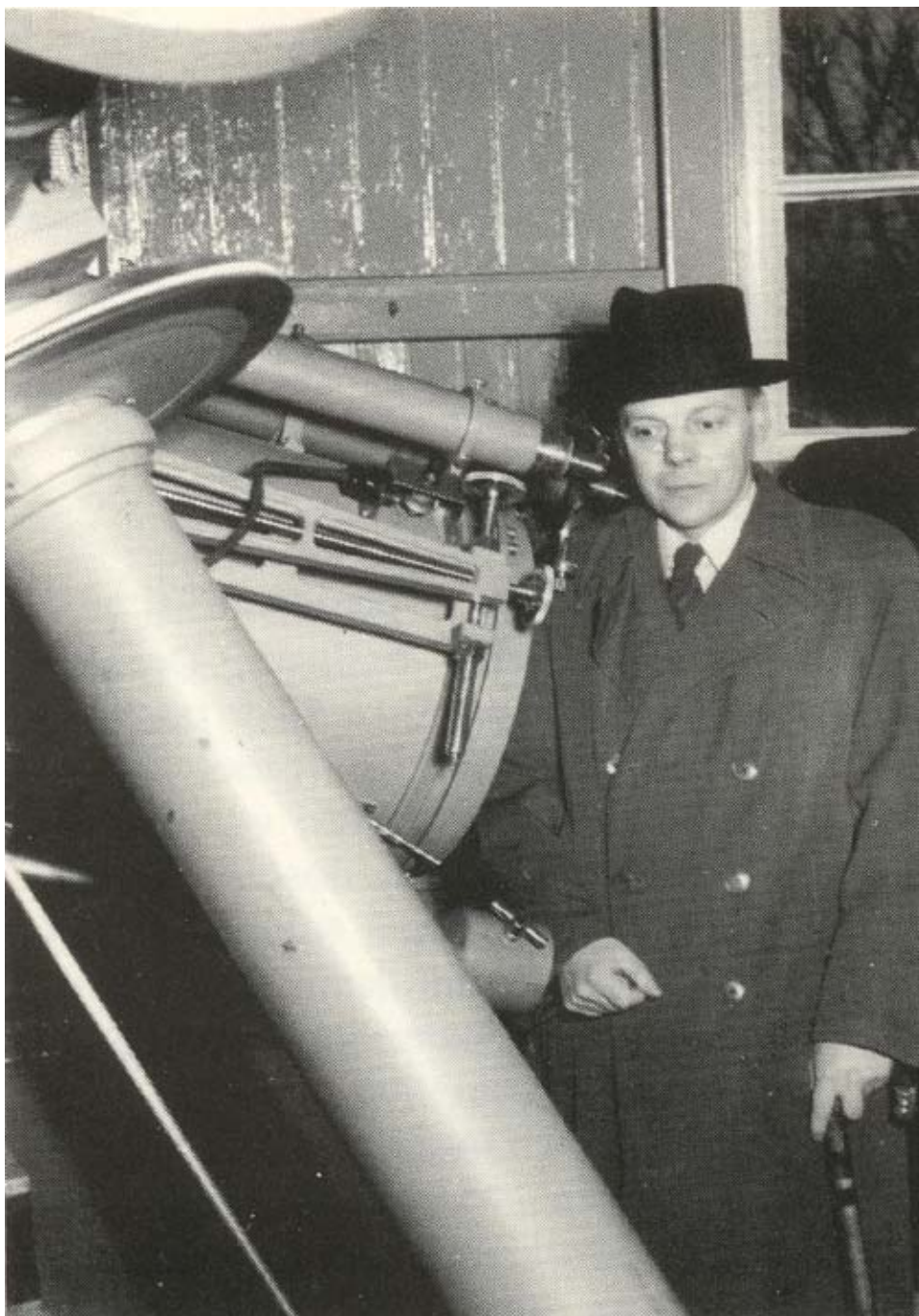
Vuonna 1963 Radioastronominen asema sai amanuenssin ja myöhemmin myös assistentin toimet. Aikaisemmin asemalla oli jouduttu työskentelemään pelkästään Valtion luonnontieteellisen toimikunnan ja muiden myöntämien apurahojen turvin.

Radioastronomisen havaintotoiminnan laannuttua 1960-luvun loppupuolella ja tutkimustoiminnan painopisteen siirryttyä Auringon ja tähtien astrofysiikkaan, laitoksen nimi muutettiin Astrofysiikan laboratoriksi. 1967 tehtiin aloite uuden optisen kaukoputken hankkimiseksi Metsähoviin astrofysikaalisia havaintoja varten. Hanke eteni nopeasti, ja jo 1971 kaukoputki asennettiin uuteen tähtitorniin Metsähovissa.

1970-luvun alussa Astrofysiikan laboratorio ja Observatorio käytännössä yhdistyivät yhdeksi laitospuoleksi.

Gustaf Järnefelt siirtyi eläkkeelle professorin virasta 1969. Häntä seurasi taivaanmekaniikan ja suhteellisuusteorian tutkija Paul Kustaanheimo (s. 1924). Kustaanheimo oli virkavapaana vuosina 1970-1977, siirtyi Tanskaan ja erosi virasta 1977. Tähtitieteen professorin virkaan nimitettiin vuonna 1980 Kalevi Mattila (s. 1944).

Tähtitieteen tutkimus ja opetus käynnistyi myös Turun ja Oulun yliopistoissa. Donnerin oppilaana Helsingissä opiskellut Yrjö Väisälä (1891-1971) nimitettiin Turun yliopiston fysiikan professoriksi 1924. Hän opetti siellä myös tähtitiedettä ja perusti Turun yliopiston observatorion ja Tuorlan tähtitieteellisen optillisen tutkimuslaitoksen. Tähtitieteen professorin virka

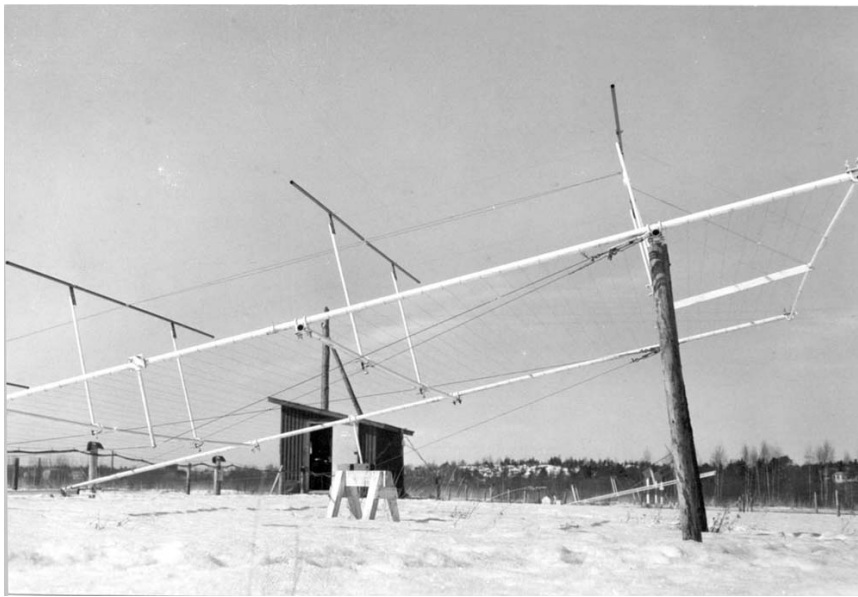


Kuva 88: Observatorion itätorni pystytettiin 1948 Turussa Y. Väisälän johdolla kannettu Schmidt-teleskooppi. Professori Gustaf Järnefelt kaukoputken äärellä. (Observatorio)





Kuva 89: Professori Jaakko Tuominen Radioastronomisen aseman havainto-parakin ovella Viikissä 1950-luvulla. Parakissa ovat vastaanotin-, vahvistin- ja rekisteröintilaitteet. (Observatorio)



Kuva 90: Kallistettava 80,5 MHz:in (vastaa 3,7 metrin aallonpituutta) antenni Viikissä vuonna 1955. Taustalla laiteparakki. Antenni rakennettiin varsinaisesti Auringon koronan tutkimista varten vuoden 1954 kesäkuun osittaisen auringonpimennyksen aikana. Sillä havaittiin myös Taurus A- ja Gemini A-radiokohteita niiden peittyessä Kuun taakse. (Observatorio)





Kuva 91: Geodeettinen laitos aloitti Suomen yli ulottuvat tähtikolmio-mittaukset 1960-luvulla. Alkuvaiheessa yksi työssä käytettävistä Schmidt-teleskoopeista oli pystytettynä Observatorion itätorniin. Yliopiston oma Schmidt-kaukoputki oli lainassa Oulun yliopistossa. (Helsingin yliopisto)

perustettiin vuonna 1928, ja Väisälä hoiti sitä oman toimensa ohella. Hänet nimitettiin 1951 Suomen Akatemian jäseneksi. Vuonna 1965 tähtitieteen professorin virkaan nimitettiin Liisi Oterma (s. 1915). Hän siirtyi eläkkeelle 1978 ja hänen seuraajakseen nimitettiin vuonna 1980 Mauri Valtonen (s. 1945).

Oulun yliopistossa tähtitieteen opetus aloitettiin 1961. Tähtitieteen apulaisprofessuuri perustettiin 1964 ja muutettiin varsinaisen professorin viraksi vuonna 1970. K. A. Hämeen-Anttila (s. 1931) on alusta lähtien ollut viran haltija.

Suomen tähtitieteelle on avautumassa uusia mahdollisuuksia, kun Suomi on 1984 päättänyt yhtenä perustajana liittyä yhteispohjoismaiseen observatorioon. Sitä varten rakennetaan vuosina 1984-1988 2,5 metrin peiliteleskooppi erinomaisiin havainto-olosuhteisiin Kanarian saarten La Palmalle, 2,4 km korkeuteen Roque de Los Muchachosin huipulle. Kaukoputken pääpeili valmistetaan Turun yliopiston Tuorlan tutkimuslaitoksessa.

# Tähtitieteen tutkimus Helsingin yliopistossa tänään (1984)

Useimmat Observatorion ja Astrofysiikan laboratorion tämän hetken tutkimussuuntauksista saivat alkunsa 1960-luvun lopussa ja 1970-luvun alkuvuosina. Professori Jaakko Tuomisen tähtien ja Auringon teoreettiseen astrofysiikkaan kohdistuneeseen tutkimustyöhön tuli mukaan nuorempia tutkijoita, jotka laajensivat tutkimuksen aluetta mm. tähtien rakenteen ja kehityksen tietokonemallien sekä tähtien atmosfäärien teorian ja spektroskooppisten havaintojen suuntaan.

Vuonna 1967 tehtiin esitys uuden kaukoputken hankkimisesta astrofysiikassa tarvittavia fotometrisia ja polarimetrisia havaintoja varten. Esitys sai yliopistossa suopean vastaanoton ja uusi 60 cm peilillä varustettu ranskalaisvalmisteinen kaukoputki voitiin asentaa paikoilleen v. 1971 yliopiston Metsähovin tilalle pystytettyyn uuteen observatoriorakennukseen. Metsähovin kaukoputki avasi mahdollisuudet havaitsevan optisen tähtitieteen ohjelmille mm. Linnunradan rakenteen, tähtien- ja galaksienvälisen aineen, kaksoistähtien massavirtausten ja asteroidien tutkimuksen aloilla.

Vuosikymmenen vaihteessa tuli Observatorion ja Astrofysiikan laboratorion toimintaan mukaan myös muualla opiskelleita nuoria tutkijoita, jotka edelleen monipuolistivat laitoksen tutkimusalaa planeettojen, tähtienvälisen aineen ja galaksien tutkimuksen suuntaan.

Tähtitieteen toimintaedellytyksiä paransi myös Astrofysiikan laboratorion muutto Tähtitorninmäelle 3.12.1969 samoihin tiloihin Observatorion kanssa, jossa oli vapautunut lisätiloja sen jälkeen kun professorin virka-asunto oli otettu laituskäyttöön.

Metsähovin observatoriossa tehtävien havaintojen ohella on tutkimusohjelmia voitu toteuttaa myös useissa ulkomaisissa observatorioissa sekä suurilla kaukoputkilla että radioteleskoopeilla. Kansainvälisellä yhteistyöllä yleensäkin on ollut aivan oleellinen osuus tähtitieteellisen tutkimuksemme kehitykseen viimeisten n. 15 vuoden aikana. Useat henkilöt ovat väitöskirjatyötään varten työskennelleet pitempään ulkomailla, ja näin muodostuneet



Kuva 92: Metsähovin observatorio Kirkkonummella valmistui 1971. Rakennuksen on suunnitellut insinööri Martti Ojala. (Valok. Matti Kajantie/Observatorio)

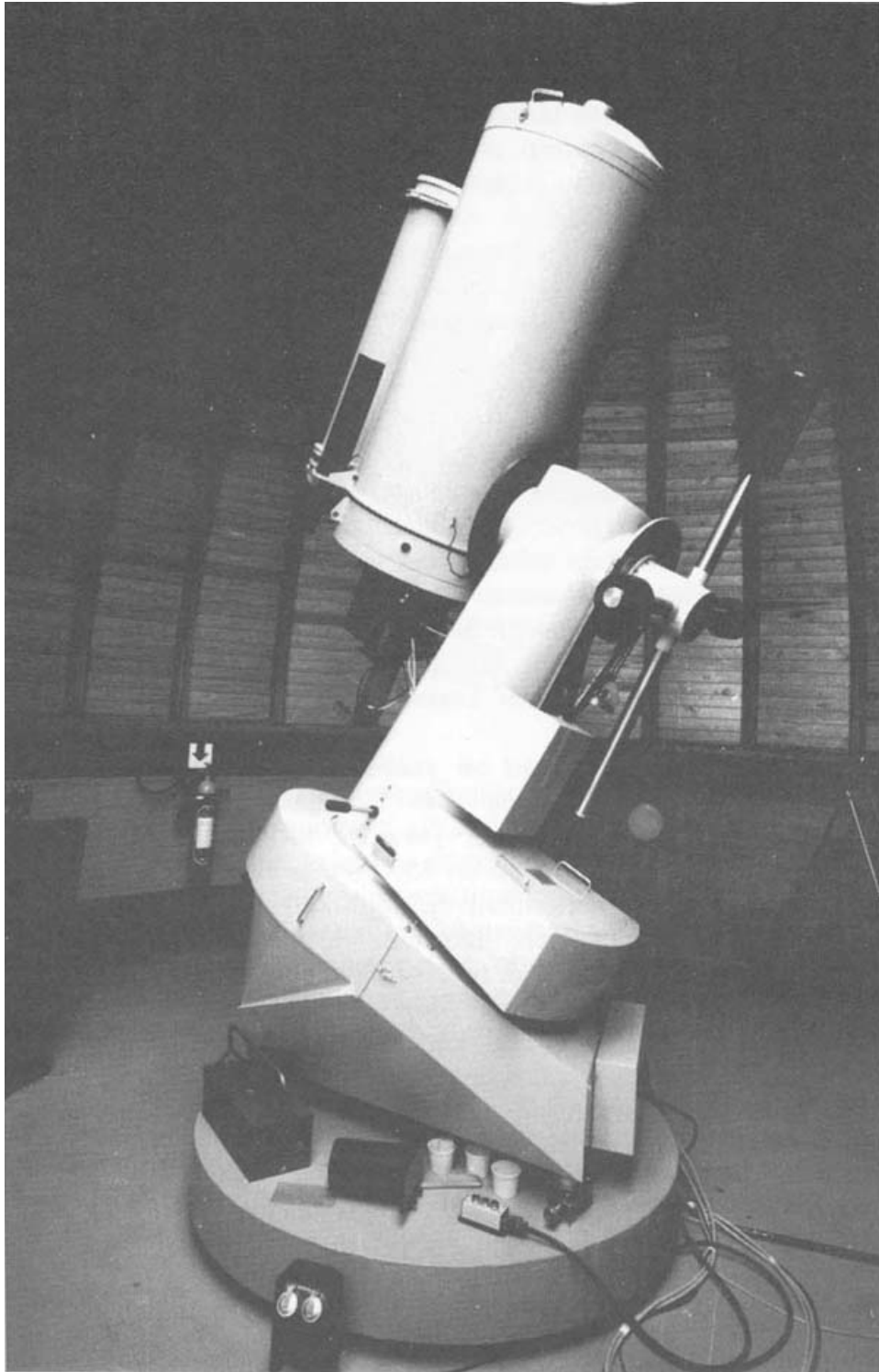
yhteistyösuhteet ovat jääneet pysyviksi ja laajentuneet.

Kotimaisista yhteistyösuhteista on Turun ja Oulun yliopistojen tähtitieteen laitosten ohella mainittava erikoisesti Teknillisen Korkeakoulun Radiolaboratorio, jonka Metsähovissa sijaitsevaa 14 metrin radioteleskooppia Helsingin yliopiston tähtitieteilijät ovat voineet käyttää ja jonka instrumentointiin he ovat myös osallistuneet.

Seuraavassa esitellään yksityiskohtaisemmin Observatoriossa ja Astrofyysikan laboratoriossa viime vuosina tehtyä ja parhaillaan jatkuvaa tutkimustyötä. Voidaan todeta, että tähtitieteellinen tutkimus Helsingin yliopistossa on tällä hetkellä varsin monipuolista ja kattaa lähes kaikki tähtitieteen tärkeimmät alat.

## Metsähovin observatorio

Observatorio [1] on sijoitettu maaseudulle Kirkkonummen kuntaan n. 40 km Helsingistä länteen, koska kaupungissa valot ja savut haittaisivat pahasti nykyaikaisia tähtitieteellisiä havaintoja. Paikka on kuitenkin niin lähellä varsinaista laitosta Tähtitorninmäellä, että tutkija voi aina lähteä sinne, kun seuraavaksi yöksi on selkeä sää odotettavissa. Tällä hetkellä näyttää siltä, että havainto-olosuhteet säilyvät hyvinä tulevaisuudessakin, esimerkiksi Kirkkonummen kunta on ottanut Metsähovin suojausnäkökohdat huomioon kaavassaan.



Kuva 93: Metsähovin 60 cm:n Ritchley-Chrétien -teleskooppi valmistettiin Ranskassa. Kaukoputken perään on kiinnitetty Observatoriossa suunniteltu ja kotimaassa rakennettu fotometri-polarimetri.

Metsähovin observatorion pääinstrumentti Ritchey-Chrétien -teleskooppi on valmistettu Ranskassa. Tämän tyyppinen kaukoputki soveltuu moniin tutkimustehtäviin. Sen objektiivipeilin läpimitta on 60 cm ja polttoväli noin 480 cm. Teleskooppi kerää kohteen, esimerkiksi tähden lähettämää valoa mittalaitteeseen, jonka avulla säteilyä tutkitaan muun muassa kohteen rakenteen, etäisyyden, kemiallisen kokoonpanon tai lämpötilan määrittämiseksi. Tutkimusongelman ja -ohjelman mukaan teleskooppiin voidaan kiinnittää erilaisia mittalaitteita. Tällä hetkellä Metsähovissa käytetään Yliopiston observatoriossa kehitettyä fotometri-polarimetriä, jolla mitataan kosmisten kohteiden kirkkauksia valon eri aallonpituusalueissa sekä sen polarisaatiota.

Metsähovin observatoriossa tehdyt havaintotyöt liittyvät useiden eri alojen tutkimusohjelmiin, jotka itse havaintojen lisäksi vaativat yleensä huomattavasti pitempää työskentelyä niiden analysoinnin ja teoreettisen tulkinnan parissa. Tehtyjä tutkimuksia selostetaan jäljempänä eri tutkimusalojen yhteydessä.

Metsähovin observatorio on osoittanut, että pienelläkin teleskoopilla, joka on tehokkain mittalaittein varustettu, voidaan tehdä tieteellisesti arvokasta tutkimusta. Yhtä tärkeää on, että Metsähovissa voidaan perehtyä nykyaikaisiin havaintomenetelmiin, sekä valmistella ja kokeilla ohjelmia joihin on tarkoitus mennä tekemään suuremmilla kaukoputkilla. Ajanmukainen kotimainen välineistö on ulkomaisen työskentelyn edellytys.

Metsähovin observatorioon on vuonna 1981 pystytetty toinenkin kaukoputki, alunperin vuonna 1948 Y. Väisälän johdolla Turussa valmistettu Schmidt-teleskooppi, joka on tarkoitettu valokuvausta varten. Sen korjauslasin aukko on 350 mm, peilin halkaisija 370 mm ja polttoväli 688 mm. Alunperin Schmidt-kamera pystytettiin Tähtitorninmäelle, Observatorion itätorniin, mutta 1960-luvun alkuun mennessä Helsingin valaistus teki sillä työskentelemisen mahdottomaksi. Vasta perustettu Oulun yliopiston tähtitieteen laitos tarvitsi teleskooppia, ja niinpä Schmidt-kamera oli noin vuosikymmenen lainassa Yli-Kiimingissä sijaitsevassa observatoriossa. Sitten se pyydettiin takaisin ja kunnostettiin perusteellisesti Tähtitorninmäellä Metsähoviin pystyttämistä varten.

## **Fotometri-polarimetri, tähtien valon tarkka mittauslaite**

Observatoriossa on konstruoitu valosähköinen polarimetri [2], joka perustuu kahtaistaittavaan kalsiittikiteeseen. Laitteen merkittäviä etuja ovat suuri mittaustarkkuus, täydellinen akromaattisuus, joka mahdollistaa havainnot laajalla aallonpituuskaistalla samanaikaisesti, sekä taivaan taustapolarisaation suora eliminoituminen. Laite on ollut tehokkaassa käytössä Helsingin yliopiston Metsähovin observatorion 60 cm kaukoputkessa vuodesta 1972 alkaen.



Kuva 94: Vuonna 1980 valmistui Metsähoviin toinen kupolirakennus, johon pystytettiin Ouluun lainattu ja sitten ajanmukaistettu Schmidt-teleskooppi. Tornin viereistä parakkia on käytetty radioastronomisiin havaintoihin, nykyisin se palvelee Schmidt-kaukoputkella työskentelyä. (Valok. Tapio Markkanen/Observatorio)



Vuonna 1980 saatiin valmiiksi parannettu versio, 5-kanavainen polarimetri, jossa viidellä valomonistimella mitataan samanaikaisesti polarisaatiota viidessä eri aallonpituusalueessa 3500 Å ja 9000 Å välillä. Polarimetri on rakennettu siten, että se voidaan helposti siirtää ulkomaisillekin kaukoputkille. Kevästä 1981 alkaen se on ollut asennettuna Krimin Astrofysikaalisen observatorion 1,25 m:n kaukoputkeen.

Viisikanavaisesta polarimetrasta on Turussa valmistettu toinen kappale Tuorlan tähtitornin 60 cm:n kaukoputkea varten. Turussa on rakennettu vastaavanlainen polarimetri myös Euroopan Eteläisessä Observatoriossa Chilessä olevaa 1,5 m:n tanskalaista teleskooppia varten.

## **Tähtienväliset pölypilvet ja magneettikentät**

Suurin osa Linnunratamme aineesta on tähdissä. Vain noin 10 % on tähtienvälisenä kaasuna ja siitä edelleen pari sadasosaa pölynä.

Tähtienvälinen aine on kuitenkin hyvin tärkeä Linnunradan kokonaisrakenteen ja erikoisesti tähtien synnyn kannalta.

Polarimetrian avulla on Metsähovissa tutkittu tähtienvälisen pölyn avaruusjakautumaa auringon lähiympäristössä eli muutaman sadan parsekin (1 parsek = 3,26 valovuotta) etäisyydelle saakka.

Laajojen avaruuden alueiden yli ulottuvat magneettikentät hallitsevat osaltaan tähtienvälisen aineen liikkeitä ja tiheyttä, ja ne vaikuttavat siten myös tähtien syntyyn. Tähtienvälisten pilvien läpi kulkeneen valon polarisaatiota havaitsemalla voidaan selvittää magneettikenttien rakennetta. Metsähovissa onkin tutkittu magneettikenttiä sellaisissa alueissa, joissa tähtiä on joko äsken syntynyt tai syntyy parhaillaan.

Magneettikentät voivat myös jarruttaa tähdiksi kutistuvien pilvien pyörimistä. Mekanismia tutkitaan Metsähovissa havaitsemalla eräitä nuoria tähtiä, joiden ympärillä on polarimetrisesti mahdollista löytää pyörimisen aiheuttama litistynyt kaasukiekkö. Sen suuntaa verrataan ympäröivän magneettikentän suuntaan.

## **Radiosäteilyä tähtienvälisistä pilvistä ja syntyvistä tähdistä**

Radioastronomista tutkimusta ryhdyttiin Helsingin yliopistossa harrastamaan muutaman vuoden tauon jälkeen taas 1970-luvun puolivälissä, tällä kerralla tosin huomattavasti lyhyemmillä aallonpituuksilla - senttimetri- ja millimetrialueessa - kuin Radioastronomisen aseman tutkimusohjelmissa. Nimenomaan tähtienvälisen aineen tutkimuksessa radioastronomia on nousut keskeiseen asemaan. Säteilyn syntyalueita, tähtienvälisiä pilviä ja niistä syntymässä olevia tähtiä tutkitaan ensi sijassa radiotaajuusalueen spektriviivojen avulla.



Kuva 95: Metsähovin observatorioalue ilmakuvasa. Edessä Schmidt-kameran torni, oikealla Ritchey-Chrétien-teleskoopin rakennus. Takana oikealla tilan vanha päärakennus, takana keskellä Teknillisen korkeakoulun 14 metrin mm-aaltoalueen radioteleskooppi. Vasemmassa yläkulmassa näkyy heikosti Geodeettisen laitoksen avaruusgeodeettinen havaintoasema. (Ilmakuva Hannu Karttunen/Observatorio)

Aluksi tutkimuksia tehtiin useilla suurilla ulkomaisilla radioteleskoopeilla, mm. Effelsbergissa Länsi-Saksassa, Onsalassa Ruotsissa, Greenbankissa ja Kitt Peakilla Yhdysvalloissa ja Parkesissa Australiassa, ja kohteena olivat lähinnä pimeät sumut. Vaikka nämä tutkimukset edelleen jatkuvat, on pääpaino vuodesta 1980 alkaen siirtynyt Metsähovin 13,7 metrin radioteleskoopilla tehtäviin spektriviivahavaintoihin.

Metsähovin radioteleskooppi [3] kuuluu Teknillisen korkeakoulun radio-laboratoriolle, mutta Helsingin yliopiston tutkijat ovat voineet käyttää noin neljäsosan teleskoopin ajasta. Yhteistyö alkoi jo siinä vaiheessa, kun Yliopisto lahjoitti teleskooppia varten tontin omistamastaan Metsähovin tilasta.

Kolmivuotiskautena 1980-1983 on Metsähovin radioteleskoopilla toteutettu laaja, niin sanottujen kosmisten vesihöyrymasereiden ajallisten voimakkuudenvaihteluiden tutkimusohjelma [4]. Kyseiset radiolähteet säteilevät hyvin voimakkaasti 1,35 cm:n aallonpituudella, ja niissä vaikuttaa maanpäällisissäkin laboratorioissa tunnettu ns. MASER-ilmiö. Useimmat vesihöyrymaserit esiintyvät syntyvien tähtien yhteydessä, ja niitä tutkimalla voidaan saada tietoa tähtien ja niitä mahdollisesti ympäröivien planeettakuntien muodostumisesta. Vesihöyrymasereiden ohella ryhdytään Metsäho-



Kuva 96: Perseuksen kaksoistähtijoukko Metsähovin 60 cm:n teleskoopilla kuvattuna. Näkökentän halkaisija on runsas kaariaste, valotusaika yksi tunti. (Valok. Tapio Markkanen/Observatorio)

vin radioteleskoopilla tutkimaan myös muun tyyppisiä molekyylipilviä 3-7 millimetrin aallonpituusalueella.

Tutkimushanke on saanut tukea Suomen Akatemialta sekä henkilökunnan palkkaukseen että laiterahoitukseen.

## Spektrometri radioaaltojen analysointiin

Metsähovin teleskoopin radioastronomisen spektriviivahavaintolaitteiston keskeinen osa on ns. akusto-optinen spektrometri, jossa radiosäteily hajotetaan aallonpituutensa mukaisesti 1024 tai 1728 kanavaan. Spektrometri on suunniteltu ja rakennettu Helsingin yliopiston Observatoriossa. Kyseessä on uudentyyppinen laite, jollaisia on käytössä vasta muutamia maailmassa. Spektrometreja on Observatoriossa rakennettu kolme kappaletta. Kaksi ensimmäistä, 11 ja 100 MHz:n kaistaiset laitteet on yhdistetty Metsähovin teleskooppiin, ja 100 MHz:n kaistainen laite on tehty Ruotsiin Chalmersin teknillisen korkeakoulun Onsalan avaruusobservatoriolle. Parhaillaan on käynnissä

yliopiston tutkimusrahoituksella erittäin leveäkaistaisen (500 MHz) spektrometrin kehittäminen.

Vastaanotinlaitteiston keskeisiä osia ovat myös suurtaajuusosat eli niin sanotut etupäätt. Niitä on kehitetty Teknillisen korkeakoulun Radiolaboratoriossa. Observatoriossa on valmistettu laaja tietojenkeruu- ja käsittelylaitteisto sekä tietokoneohjelmisto.

## Planeettatutkimus

Planeettatutkimus Helsingin yliopiston Observatoriossa on keskittynyt planeettojen ja niiden kuiden ja renkaiden sekä pikkuplaneettojen fotometriaan ja polarimetriaan. Erityisen tutkimuksen kohteena on ollut säteilyn kuljetus kiinteissä ja pölyn peittämissä pinnoissa. Saatuja tuloksia on verrattu myös planeettojen välisen pölyn sirontaominaisuuksiin. Tämä pöly näkyy taivaalla eläinratavalona. Tutkimus tapahtuu tiiviissä yhteistyössä amerikkalaisten observatorioitten kanssa. Näitä ovat mm. Smithsonian-instituutti, Five College -observatorio Massachusettsin yliopistossa ja Lowell-observatorio Arizonassa.

Planeettaluotainten tulokset ovat suuresti lisänneet teoreettisen työn samoin kuin maanpäällisillä kaukoputkilla tehtävien havaintojen tarvetta. Observatoriossa on valmistunut laaja fotometrinen tutkimus Saturnuksen renkaista sekä pikkuplaneettojen ja muiden aurinkokunnan ilmakehättömien kappaleiden fotometrasta ja polarimetrasta käyttäytymistä selvittävä teoria. Teoriaa on mahdollista käyttää myös arvioitaessa pikkuplaneettojen muotoa, joka useimmissa tapauksissa eroaa huomattavasti pallomaisesta. Pikkuplaneettojen havaitsemisessa on ollut yhteistyötä myös joidenkin eurooppalaisten observatorioiden kanssa.

Planeettakunnan fysiikan ohella on tutkittu myös taivaanmekaniikkaa, mm. Saturnuksen renkaiden dynamiikkaa. Lisäksi on tehty relativistisen taivaanmekaniikan tutkimusta, joka liittyy professori Gustaf Järnefeltin ja professori Paul Kustaanheimon alulle panemaan tutkimuslinjaan.

## Tähtien kehitys, alkuainesynteesi ja magnetismi

Suurin osa tuntemistamme alkuaineista on syntynyt tähdissä. Vanhoissa, pitkälle kehittyneissä tähdissä tapahtuvien purkausten ja räjähdysten seurauksena ne ovat siirtyneet tähtienväliseen aineeseen uusien tähtisukupolvien rakennusaineiksi. Tätä alkuainesynteesiä tutkitaan havaitsemalla erityyppisten tähtien spektrejä ja tutkimalla niiden alkuaineiden runsauksia. Erityisesti helium, hiili, happi, typpi sekä raskaat alkuaineet, kuten strontium ja barium, ovat tutkimuksen kohteena. Näin selvitetään, miten eri alkuaineet ovat muodostuneet Linnunradassa ajallisesti ja paikallisesti ja miten tähtien kehityksen eri vaiheet ovat alkuainesynteesin kanssa vuorovaiku-



Kuva 97: Pohjois-Amerikka -sumu Joutsenen tähtikuvion suunnassa Metsähovin Schmidt -kameralla kuvattuna. Kirkas tähti oikealla on Deneb. Näkökenttä on noin 6 astetta, valotusaika 15 minuuttia. (Valok. Markku Poutanen ja Heikki Virtanen/Observatorio)

tuksessa. Vanhat tähdet, jotka ovat ohittaneet Auringon nykyvaiheen, ovat tavallista kiinnostavampia alkuainesynteesin kannalta.

Tarvittavat spektroskooppiset havainnot on tehty etupäässä Neuvostoliitossa Krimin astrofysikaalisen observatorion 2,6 metrin Shajn-teleskoopilla, mitattu Lundin skandinaavisessa mittauskeskuksessa ja analysoitu Helsingissä.

Viime vuosina satelliiteista tehtyjen ultravioletti- ja röntgenhavaintojen avulla on pystytty tutkimaan aikaisemmin vain Auringosta tunnettuja uloimpia kerroksia: kromosfääriä ja koronaa. Samoin on löydetty auringontyyppisistä tähdistä aikaisemmin vain Auringosta tunnettu magneettinen sykli. Sykli johtuu pyörimisliikkeen, virtausten ja turbulenssin vuorovaikutuksesta, jota kutsutaan dynamoksi, ja joka vain osittain tunnetaan [6]. Nyt on mahdollista tutkia eri ikäisiä, eri tavalla pyöriviä ja eri kehitysvaiheessa olevia yksittäisiä tähtiä sekä lähekkäisiä kaksoistähtiä.

Näihin tutkimuksiin käytetään satelliittihavaintojen lisäksi [5] Helsingissä rakennettua fotometri-polarimetria, jolla on muutamia vuosia tehty havaintoja Krimin observatorion 1,25 metrin kaukoputkella. Spektroskooppisia ja polarimetrisia havaintoja varten on hankittu nykyaikainen CCD-kamera

(CCD = Charge coupled device), jossa valoa rekisteröi mikropiiri.

Muiden auringonkaltaisten tähtien tutkiminen on tehnyt oman Aurinkomme toiminnan ymmärtämisen entistä mielenkiintoisemmaksi. Magneettisen aktiivisuuden perustana Auringossa ja tähdissä on konvektiivisessa kerroksessa toimiva magneettinen dynamo. 1940-luvun alussa Jaakko Tuomisen löytämä Auringon pintakerrosten meridionaalinen virtaus on osoittautunut Auringon syklin mukana muuttuvaksi. Tämä on voitu osoittaa yli 100 vuoden aikana Greenwichissä mitattuja auringonpilkkujen liikkeitä tutkimalla. Observatoriossa suoritettut teoreettiset tutkimukset osoittavat, että syklinen dynamo itse asiassa vaatii tällaisen liikkeen olemassaolon. Samoin Mt. Wilsonin observatoriossa hiljattain löydetty pyörimisliikkeen erikoinen oskillaatio saa luonnollisen selityksen. Näiden ilmiöiden löytyminen auttaa itse dynamon tutkimista.

Näitä kysymyksiä tutkitaan yhteistyössä useiden ulkomaisten tutkijoiden kanssa. Neuvostoliiton osalta työt kuuluvat Suomen Akatemian tukemaan kansainväliseen projektiin.

## Kaksoistähdet

Suurin osa tähdistä kuuluu jäsenenä kaksin- tai useampikertaisiin järjestelmiin. Tähtien kehityksen tutkijoita kiinnostavat erikoisesti sellaiset systeemit, joissa ainetta siirtyy tähdestä toiseen. Massanvaihtoa ei esiinny aina tällaisissa kaksoistähdissä, vaan se puhkeaa esiin eräissä kehitysvaiheissa. Silloinkaan virtaus ei ole jatkuvaa, vaan ajoittaista. Erityisen mielenkiintoisia ovat sellaiset kaksoistähdet, joiden toinen osapuoli on hyvin tiheä eli valkoinen kääpiö, neutronitähti tai musta aukko.

Metsähovin observatoriossa on selvitetty polarisaatiohavaintojen avulla kuvatuista kaksoistähtien massavirtauksia, niissä liikkuvia ainemääriä, liikeratoja ja virtausten kestoja.

Helsingin observatoriossa tutkitaan kaksoistähtien kehitystä myös teoreettisesti laskemalla tähtimalleja tietokoneella. Erityisenä mielenkiinnon kohteena ovat W Ursae Majoris -tyyppiset pimennysmuuttujat, joiden komponentit ovat massoiltaan auringonkaltaisia tähtiä, mutta jotka pyörivät sekä akseliensa että toistensa ympäri noin sata kertaa nopeammin kuin Aurinko. Näiden tähtien komponentit ovat niin lähekkäin, että ne koskettavat toisiaan ja niillä on yhteinen kaasukehä. Kaasukehässä tapahtuvat massa- ja energiavirtaukset ovat syynä moniin W Ursae Majoris -tähtien mielenkiintoihin erikoisominaisuuksiin, jotka erottavat ne yksittäisistä tähdistä.

Tällaisten nopeasti pyörivien tähtien sisällä syntyy jatkuvasti voimakkaita magneettikenttiä pyörimisliikkeen ja pyörteisen konvektion yhteisvaikutuksesta. Kauas tähden pinnan ulkopuolelle ulottuvat magneettiset silmukat kuumentavat vangitsemansa kaasun kymmenien miljoonien asteiden lämpötilaan. Tällaisen plasman lähettämä säteily osuu röntgen- ja ultra-

violettialueelle, ja sitä voidaan havaita satelliiteista ilmakehän ulkopuolelta. Havaintoja on tehty kahdella ESA:n (European Space Agency) satelliitilla, IUE (International Ultraviolet Explorer) [5] ja EXOSAT (röntgen-tekokuu).

## Galaksit ja kosmologia

Maailmankaikkeuden perusosasia ovat monimuotoiset, lukemattomista tähdistä sekä kaasusta ja pölystä koostuvat galaksit. Galaksien synnyn, kehityksen ja rakenteen ymmärtäminen on yksi ekstragalaktisen tutkimuksen haastavista tavoitteista. Helsingin observatoriossa ovat viime aikoina tutkimuksen kohteina olleet erityisesti spiraaligalaksien kierteishaarat ja vääntymät, joiden synty ja pysyvyys muodostavat vaikean teoreettisen ongelman tähtijärjestelmien dynamiikan tutkijoille. Ongelmalla on myös yhtymäkohtia mahdollisen massiivisen ainekehän esiintymiseen galaksien ympärillä ja siten kysymykseen maailmankaikkeuden ainetiheydestä. Spiraalihaarojen ja vääntymien havaittujen muotojen perusteella voidaan tehdä johtopäätöksiä näkymättömän massan jakautumasta galaksien sisällä.

Myös galaksienvälistä ainetta on Observatoriossa tutkittu sekä yhteistyössä Euroopan Eteläisen Observatorion kanssa että Metsähovin kaukoputkella. Havaintotyö on kohdistunut galaksijoukkoihin mahdollisesti keskittyneeseen himmeään väliaineeseen. Valaisevan aineen esiintymistä maailmankaikkeudessa voidaan tutkia myös mittaamalla ns. optista kosmista taustasäteilyä. Observatoriossa on kehitetty menetelmää, jossa käytetään apuna läpinäkymätöntä Linnunradan tiheätä pölypilveä, joka estäessään taustasäteilyn tarjoaa vertailukohteen pölypilven ohitse suoritettavalle mittaukselle.

Kun valonlähde etääntyy, siitä havaitun valon spektriviivojen aallonpituuudet ovat kasvaneet määrällä, joka riippuu tunnetulla tavalla lähteen nopeudesta havaitsijan suhteen. Kyseinen aallonpituuksien siirtymä, ns. punasiirtymä, voidaan mitata valolähteen, galaksin tai kvasaarin spektristä. Galakseilla punasiirtymä on likimain suoraan verrannollinen etäisyyteen. Tämä ns. Hubblen laki katsotaan osoitukseksi maailmankaikkeuden säännöllisestä laajenemisesta. Helsingin observatoriossa on tutkittu Hubblen lakia eri näkökulmista sekä galaksien että kvasaarien tapauksessa.

Toisaalta Observatoriossa on tutkimusta, joka pyrkii asettamaan punasiirtymän nopeustulkinnan kyseenalaiseksi. Tämä perustuu käsitykseen, että galaksien ja kvasaarien punasiirtymät eivät aiheudu pakonopeudesta Dopplerin periaatteen mukaisesti, vaan jostakin tuntemattomasta fysikaalisesta vuorovaikutusilmiöstä.



## Helsingin yliopiston Observatorion ja Astrofysiikan laboratorion henkilökunta vuonna 1984

Yliopiston virat ja toimet:

1 professori  
1 laboratorioinsinööri  
1 observaattori  
3 assistenttia  
3 amanuenssia  
1 kanslisti  
1 vahtimestari

Suomen Akatemian rahoittamana:

1 varttuneen tieteenharjoittajan  
apuraha  
1 nuorempi tutkija  
4 tutkimusapulaista

Yliopiston tutkimusapurahalla:

1 laboratorioinsinööri  
1/2-päiväinen laboratoriotek-  
nikko

Tilapäisrahoituksella:

1 laboratorioinsinööri  
1 amanuenssi

### Observatorion tärkeimmät tähtitieteelliset havainto- ja mittalaitteet (suluissa hankintavuosi)

- 60 cm Ritchey-Chrétien-peilikaukoputki ja siihen liitetty fotometri-polarimetri (1972)
- 35/37 cm Schmidt-teleskooppi (1948)
- 33 cm kaksoisrefraktori (1890)
- 5-väri fotometri-polarimetri (siirrettävä malli, joka tällä hetkellä on Krimin astrofysikaalisen observatorion 1.25 m kaukoputkessa) (1979)
- Akusto-optinen radiospektrometri (TKK:n radioteleskoopilla tehtäviä spektriviivahavaintoja varten) (1980)

Lisäksi Helsingin yliopiston tähtitieteilijät ovat voineet käyttää Teknillisen korkeakoulun millimetrialueen 13.7 m Cassegrain -radioteleskooppia (1974), jossa on sekoittaja-vastaanottimet 22 GHz ja 75-95 GHz kontinuumi- ja viivahavaintoja varten sekä sekoittaja-vastaanotin 37 GHz kontinuumihavaintoja varten.

# Almanakka

Tähtitiede on luontoa tutkiva perustiede. Sen lisäksi sillä on aina ollut käytännönkin kannalta tärkeä merkitys. Tähtitieteellisiin taitoihin perustuu ajanlasku ja almanakka.

Kristityssä Euroopassa oli noudatettu roomalaisilta perittyä, vuonna 46 eKr. käyttöön otettua juliaanista kalenteria. Vuonna 1582 katoliset maat siirtyivät uuteen, gregoriaaniseen ajanlaskuun, mutta protestantit vastustivat uudistusta pitkään.

Ruotsissa ryhdyttiin elämään gregoriaanisen kalenterin mukaan vuonna 1753, vaikka pääsiäisen ja sen mukana liikkuvien kirkkopyhien päivämäärät senkin jälkeen määrättiin eri tavalla kuin gregoriaanisessa ajanlaskussa. Vasta 1867 Suomi siirtyi täysin gregoriaaniseen järjestelmään. Venäjällä käytettiin juliaanista kalenteria vuoteen 1918.

Vuotuinen ajantieto, almanakka on meilläkin jo vuosisatojen ajan palvelut käytännön elämää. Sen valmistaminen vaatii taitoa, joka Yliopistossa on ollut saatavilla. Almanakan julkaisemisen tuottama tulo on myös osaltaan edistänyt Yliopiston toimintaa.

Ruotsin vanhin, Forsiuksen toimittama almanakka on vuodelta 1608. Forsius toimitti almanakkoja vuoteen 1623 asti. Hänen almanakkansa olivat ruotsinkielisiä.

Turun akatemian perustamisen jälkeen heräsi uudelleen kysymys Suomen oloihin sopivasta almanakasta. Ensimmäinen säilynyt kappale uuden sarjan almanakkaa on vuodelta 1660. Tämän jälkeen onkin seurannut lähes katkeamaton jono suomalaisia almanakkoja aina nykypäivään asti.

Ensimmäinen suomenkielinen almanakka on vuodelta 1705. Sen toimittaja oli Akatemian matematiikan professori Laurentius Tammelin. Alusta alkaen almanakan laskemisen katsottiin vaativan oppineisuutta, ja usein virheellisiä olivatkin ne almanakat, joita muut henkilöt yksityisesti julkaisivat.

Suomen almanakat laskettiin Turun horisontin mukaan ja painettiin Turussa. Painopaikka kuitenkin vaihtui 1750, kun Ruotsin Tiedeakatemia oli kuninkaalta saanut erioikeuden almanakan julkaisemiseen koko Ruotsin valtakunnassa. Suomenkin almanakat painettiin Tukholmassa vuoteen 1809 asti.

Kun Suomi oli liitetty Venäjään, myönsi Keisari Aleksanteri I vuonna 1811 erioikeuden almanakkojen painamiseen Turun akatemialle, aluksi vuo-



Kuva 98: Ensimmäisen Helsingforsin (!) horisontin mukaan tehdyn almanakan kansilehti. (Observatorio)

# JANUARIUS. Vuonna

Uusi Luku Päivä	Kuu Suor. Laff.	Vanha Luku Päivä
--------------------	--------------------	---------------------

Jesuren ympärileikkamisella. Luc. 2.

1 ✠	Uud. Vuod. P.	1 58 U. O. Vit. 1832 D. 20
2 ✠	Abel, Seth	2 3 Selfia 21
3 ✠	Enoch	3 4 55 — 22
4 ✠	Titus	4 6 22 Lunda 23
5 ✠	Simeon	5 7 47 (näkym. C pim. Vit. 24

Viikasta miehistä Itäisellä maalla. Matth. 2.

6 ✠	Loppiainen	6 4 54 C. C. f. 9. 32 M. * 25
7 ✠	Lucian	7 4 54 C. C. f. 9. 32 M. * 26
8 ✠	Erhard	8 6 28 — 27
9 ✠	Julian	9 8 3 — 28
10 ✠	Nicanor	10 9 35 Selfia 29
11 ✠	Hypsinus	11 11 5 — 30
12 ✠	Aradius	12 12 — 31

Christus opettaa Templessä. Luc. 2.

13 ✠	1 S. Loppiaij.	13 0 31 C. C. f. 1. 16 M. 1833 J. * 1
14 ✠	Felix	14 1 56 — 2
15 ✠	Maurus	15 3 17 ✠ Idntefin O fla 3

Auring. P.	Nouf. H. m.	Laff. H. m. P.	Auring. P.	Nouf. H. m.	Laff. H. m. P.
1 fello	9. 7 fello. 3.	1 9 fello	9. 0 fello 3. 15		
3	9. 6	3. 4 11	8. 58	3. 19	
5	9. 4	3. 8 13	8. 55	3. 23	
7	9. 3	3. 12 15	8. 52	3. 28	

1833.

Tammikuu.

Uusi Luku Päivä	Kuu Suor. Nouf.	Vanha Luku Päivä
--------------------	--------------------	---------------------

16 ✠	Marcellus	16 4 36 M. Selfia 4
17 ✠	Anton	17 5 50 Lunda 5
18 ✠	Prisca	18 6 58 ✠ C. C. eteldiin 6
19 ✠	Henric	19 7 54 (näkym. O pim. 7

Hästä Galilean Kaanasa. Joh. 2.

20 ✠	2 S. Loppiaij.	20 8 11 45 E. 8
21 ✠	M. Agneta	21 4 10 C. C. f. 7. 22 U. 9
22 ✠	Vincentius	22 5 22 Pilvinen 10
23 ✠	Emerentia	23 6 35 Lunda 11
24 ✠	Eric Translat.	24 7 50 — 12
25 ✠	Paulus	25 9 6 Selfia 13
26 ✠	Polycarpus	26 10 24 Lunda 14

Päämiehen Palvelialla. Matth. 8.

27 ✠	3 S. Loppiaij.	27 11 43 Chrysostratus 15
28 ✠	Carl	28 12 43 Nam. Paffainen 16
29 ✠	Valterius	29 1 4 C. C. f. 2. 18 M. — 17
30 ✠	Gunnilla	30 2 26 Selfia 18
31 ✠	Vigilius	31 3 54 — 19

Auring. P.	Nouf. H. m.	Laff. H. m. P.	Auring. P.	Nouf. H. m.	Laff. H. m. P.
17 fello	8. 48 fello 3. 32	25 fello	8. 34 fello 3. 53		
19	8. 45	3. 37 27	8. 29	583	
21	8. 42	3. 43 29	8. 25	4. 3	
23	8. 37	3. 47 31	8. 20	4. 8	

Kuva 99: Vuoden 1833 almanakan aukeama. Siinä on monia mielenkiintoisia asioita, mm. sääennustukset, löytyypä siitä paha painovirhekin. (Observatorio)

deksi kerrallaan, sitten pysyvästi.

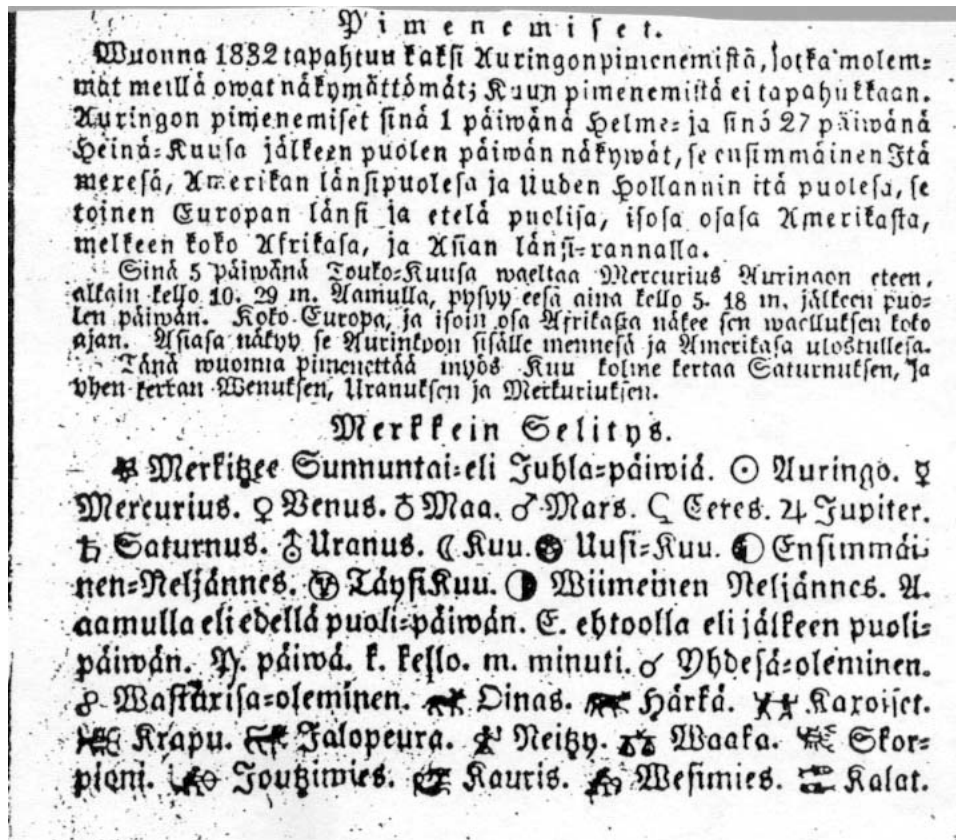
Almanakan toimittaminen määrättiin 1817 perustetun observaattorinviran haltijan tehtäväksi. Kun observaattorin toimi 1828 muutettiin tähtitieteen professuuriksi, tuli myös almanakan toimittaminen hänen velvollisuudekseen.

Almanakan laatimisvelvollisuuksien takia observaattorin ja professorin palkkaukseen sisältyi ylimääräisiä etuja, kuten vapaa asunto ja lämmitys. Tähtitieteen professorilla oli myös pienempi luennoimisvelvollisuus kuin muilla professoreilla.

Sääennustukset poistettiin almanakasta 1800-luvun lopulla. Ennustuksia lukuunottamatta almanakka oli muuten hyvin samankaltainen kuin syntynsä aikoihin: neliönmuotoinen kellertäväkantinen kirja, josta katsottiin pyhät, juhla- ja nimipäivät, Auringon ja Kuun nousut ja laskut, planeettojen näkyminen, pimennykset, tori- ja markkinapäivät ja luettiin yleissivistävät artikkelit.

Vuodesta 1833 almanakka laskettiin Helsingin horisontin mukaan, ja samana vuonna alettiin julkaista omaa almanakkaa Oulua varten. Suuri osa almanakan laskutöistä jouduttiin tekemään kahteen kertaan, mutta tähtitieteen professorit tuntuivat sopeutuvan tähän valittamatta.

Tällä vuosisadalla almanakan nimistöä on muuteltu, mutta muutoin kansan-almanakka säilyi lähes täysin ennallaan 1970-luvulle asti. Almanakan toimittamisen hoiti 1950- ja 1960-luvulla sivutyönään professori Ölander Geo-



Kuva 100: Viimeisessä Turun almanakassa vuodelta 1832 on sellainen erikoisuus, että Argelander selostaa siinä tarkasti Merkuriuksen kulkua Auringon editse Suomessa näkyvien auringon- ja kuunpimennysten puuttuessa. Almanakassa olevasta lauseesta "Asiasa näkyy se Aurinkoon sisälle mennessä ja Amerikassa ulostullessa" aiheutui kansan keskuudessa sellainen väärinkäsitys, että Aasiassa Mercurius törmää Aurinkoon. Lönnrot kertoo kolmannesta matkastaan vuonna 1832: "Rahvas pelkäsi näinä aikoina kaikkialla, että Mercurius-tähden yhteentörmäys auringon kanssa, jonka piti tapahtua Aasiassa ja almanakan mukaan sattua toukokuun 5. päiväksi, jonkun tärkeän esiytyneen esteen johdosta oli lykkäytynyt toistaiseksi, ja että kun se kerta oli toteutuva, oli pelättävä, jos ei juuri auringon täydellistä häviötä, niin ainakin muita suuria muutoksia. Moni luuli todella, että Mercurius saattoi räjähtyttää rikki auringon, joka sitten voi sadella alas pieninä sirpaleina ja polttaa poroksi koko maapallon. Kysyin mitä Viiliäinen tästä asiasta arveli, ja hänellä oli heti selvillä, että koska aurinko ei ollut suvainnut näyttäytyä sinä päivänä, Mercurius ei ollut kaiketi niin pian sitä voinut löytää, vaan mennyt tiehensä, sillä kun ei ollut paljoa aikaa hukata. Hän piti siis kaikkea pelkoa tämän asian suhteen nyt enää vallan aiheettomana." (E. Lönnrot, Matkat, Helsinki 1902, s. 145) Merkkien selityksistä kannattaa huomata se, että mukana ovat myös pikkuplaneetta Ceres ja Uranus. (Observatorio)

deettiselta laitokselta. Hän teki laskut vielä käsin.

Professori Jaakko Tuomisen johdolla Observatoriossa laadittiin almanakan laskemiseksi tietokoneohjelmat, joiden avulla almanakan tähtitieteellisen osan sisältöä voitiin huomattavasti nykyaikaistaa. Muutos tapahtui vuoden 1976 almanakassa, jossa myös yhdistettiin erilliset Helsingin ja Oulun almanakat. Pieniä muutoksia tehtiin vielä 1978, ennen kuin almanakka sai nykyisen sisältönsä.

Almanakan tähtitieteellisten tietojen huomattava monipuolistuminen lisäsi sen toimittamisen vaatimaa työmäärää, ja siksi toimitustyötä ei voinut enää pitää tähtitieteen professorin velvollisuutena. Yliopisto perusti 1976 Observatorioon ylimääräisen assistentintoimen almanakan laskemisen ja toimittamisen turvaamiseksi.

Nykyään perinteisen almanakan rinnalle on noussut useita muita kalentereita ja päiväyreitä, mutta kansan-almanakan suosio on edelleen ylivoimaisesti muita suurempi. Sen painos vuosittain kahdella kielellä ja kahdessa koossa on yhteensä 800 000.

# Viittauksia ja huomautuksia

Suomen tähtitieteen historian esitykset ja tutkimukset ovat pääasiassa kohdistuneet sen varhaisiin vaiheisiin.

K.F. Slotten Turun akatemian matematiikan ja fysiikan oppihistoriaan (Slotte 1898) sisältyy myös tähtitieteen kehityksen tarkastelu.

Tärkein ja perusteellisin maamme tähtitieteen historian tutkimus on Anders Donnerin kahtena yliopistollisena kutsukirjoituksena julkaisema "Den astronomiska forskningen och den astronomiska institutionen vid det Finska Universitetet" (Donner 1907 ja 1909a). Siihen on paljon tässäkin esityksessä nojaututtu aina erikseen viittaamatta. Donnerin teos päättyy kuitenkin jo Adalbert Kruegerin nimitykseen tähtitieteen professoriksi vuonna 1862.

Tähtitieteen harjoitusta Ruotsissa ja Suomessa 1600-luvulla on tarkastellut Raimo Lehti (Lehti 1979).

Ruotsin ja siten Suomenkin tähtitieteen historiaa on käsitelty myös Henrik Sandbladin aurinkokeskisyyden ja Galilein oppien Ruotsiin tuloa käsittelevissä tutkimuksissa (Sandblad 1943, 1944-1945 ja 1942) sekä N. V. E. Nordenmarkin Ruotsin tähtitieteen vuoteen 1800 ulottuvassa historiassa (Nordenmark 1959).

## Turun akatemian perustamisesta suureen Pohjan sotaan

- [1] Tieto mullistavista uusista löydöistä saattoi ehtiä pianikin Ruotsiin. Galileo Galilei julkaisi kaukoputkihavaintojaan selostavan kirjansa *Sidereus Nuncius* Venetsiassa maaliskuussa 1610. Siinä hän kertoo löytäneensä Jupiter-planeetan neljä kuuta. Ne olivat ensimmäiset löydetty "uudet" aurinkokunnan

kiertolaiset. Uppsalaan tieto saapui erään ruotsalaisen Italiasta lähettämässä kirjeessä vuoden 1610 lopulla (Walde 1942).

- [2] Forsiuksen elämä oli vaiherikas. Astrologian harjoittamisesta hän sai osakseen kirkon vihat ja hallitsijan suosion. Epäiltynä vehkeilystä Sigismundin hyväksi hän joutui Johannes Messeniuksen (n. 1580-1636) kanssa syytetyksi oikeudessa 1606. Pöytäkirjassa mainitaan: "Swarade Sigfridus Aronus Forsius fuller och druckin, han war en doctor och therefore ähr han bättra än som en annan" (Annerstedt 1877, s. 139). Hän vapautui vuoden vankeuden jälkeen ja mm. toimi 1609 Uppsalan tähtitieteen professorin sijaisena. Vuonna 1621 hän sai Tammsaaren kirkkoherran viran.
- [3] Apianus 1539.
- [4] Brahen kirje Turun tuomiokapitulille 20.3.1663 (Schyhergson 1922, s. 92).
- [5] Brahen kirje Turun akatemian filosofiselle tiedekunnalle 1.7.1669 (Schyhergson 1922, s. 175).
- [6] Thuronius, käsikirjoitus Uppsala universitetsbibliotek Cod.Ups. A 301.
- [7] Kexlerus 1632.
- [8] Lehti 1983 s. 20-29.

## Luonnontieteiden nousu 1700-luvulla

- [1] Matkan tieteellisen selostuksen on julkaissut de Maupertuis 1738. Suomeksi on ilmestynyt matkalla mukana olleen R. Outhier'n päiväkirja (1975). Syyt virheelliseen tulokseen on selvittänyt Yrjö Leinberg (1928).



- [2] Hällström C.P. 1895.
- [3] Planman 1763.
- [4] Planman 1764. Planman julkaisi myös väitöskirjan "Dissertatio de Venere in Sole visa die 6 Junii anni 1761, Quam Venia Ampliss. Facult. Philos. in Reg. Acad. Aboensi Publice Examinandam Sistunt Auctor Anreas Planman Astron. Docens ad Reg. Acad. Upsal. et Respondens Johannes Carström, Aboa - Fenno. Die XXIII, Februarii Anno MDCCLXIII. Aboae."
- [5] Planman 1771.
- [6] Planman 1772.
- [7] Kun Euler esitti Lexelliä Pietarin akatemian adjunktiksi, kerrotaan akatemian esimiehen kreivi Orlovin epäilleen, että Lexelliä olisi auttanut joku kuuluisa matemaatikko. Tähän Euler oli vastannut, että kysymykseen saattoi tulla vain d'Alembert tai Euler itse. Lexell nimettiin välittömästi (Nova Acad. Acta Petrop. 1784 s. 13).
- [8] Lexell 1777.
- [9] Lexell 1785.
- [10] Lexell 1772.
- [11] Konsistorin kokouksen pöytäkirja 27.2.1776 § 3.
- [12] Tengström 1845.
- [4] Hällströmin kirje konsistorille. Konsistorin pöytäkirja 14.12.1816 ja Engelin kirje Herrlichille 25.12.1816.
- [5] Hällströmin muistio konsistorille ja konsistorin muistio kanslerille. Konsistorin pöytäkirja 24.5.1816. Konsistorin muistio Hänen Keisarilliselle Korkeudelleen Suuriruhtinas Nicolai Pawlowitschille, Turun Keisarillisen Akatemian Korkealle Kanslerille alkoi seuraavasti: "Underdånigt Memorial. Ehuruväl Academien i Åbo af Hans Kejserliga Majestäts särledes Nåd och frikostighet erhållit nya och vida rikare Fonder, än tillföre funnits, för flere vid ett välbestådt Universitet nödiga och nyttiga men härstädes länge saknade inrättningar, nödgas Academien dock än umbära ett astronomiskt Observatorium, deraf likväl så i vettenskapligt afseende, som i den allmänna sammanlefnaden, stora och obestrideliga fördelar vore att påräkna..."
- [6] Yksityiskirjeenvaihdossaan Engel on antanut asioiden kulkuun lisävalaistusta. Hänen mukaansa kansleri Nikolai olisi ollut tyytymätön Bassin suunnitelmaan ja olisi päättänyt tilata piirustukset pietarilaiselta K. J. Rossilta, joka oli saavuttanut kuuluisuutta Pietariin suunnittelemillaan julkisilla rakennuksilla (Engelin kirje C. Herrlichille 25.12.1816). Engel tunsikin jo pietarilaisempiren tyylin ja sai kanslerin ja keisari Aleksanterinkin suosion puolelleen. Bassin ehdotuksen hylkäämisessä ja Engelin suunnitelman valitsemisessa on myös nähty hallitsijan halu levittää pääkaupungin ja keisarikunnan henkeä suuriruhtinaan maan laidalla sijaitsevaan yliopistokaupunkiin (Pöykkö 1972, s. 101).
- [7] Donner 1910 s. 20.
- [8] Engelin kirje C. Herrlichille 18.8. 1818.
- [9] Walbeck 1819.
- [10] Konsistorin muistio kanslerille. Konsistorin pöytäkirja 24.5.1816 § 3 no.5.
- [11] National Maritime Museum 1970 s.9.
- [12] Pond 1813.
- [13] Konsistorin pöytäkirja 31.5.1817. Muistiossaan Hällström perustelee jälleen hanketta sen merkityksellä laivastolle ja merenkululle. Myös se, että observatorio

## Itsenäiseksi oppiaineeksi

- [1] Konsistorin kokouksen pöytäkirja 29.8.1812.
- [2] Konsistorin kokouksen pöytäkirja 14.12.1816.
- [3] Berliinin observatorio oli vuonna 1704 rakennetun akatemiatalon torni, joka ei enää mitenkään edustanut observatorioiden parhaimmista. Tosin vuosina 1800-1801 pystytettiin joitakin instrumenttisuojia kattotasanteelle (Bode 1804). Uusi observatorio rakennettiin vasta 1823-1835 (Müller 1975, s. 121). Hällström ei liene Berliinin observatoriota lähemmin tuntenut. Berliini oli tiedeakatemioiden tunnettu tieteen tyysija, siellä vaikutti Johann Bode (1747-1826), joka julkaisi Astronomisches Jahrbuch'ia. Niinpä Hällström arveli sen observatorionkin kuuluisaksi.
- [4] Donner 1910 s. 20.
- [5] Engelin kirje C. Herrlichille 18.8. 1818.
- [6] Walbeck 1819.
- [7] Konsistorin muistio kanslerille. Konsistorin pöytäkirja 24.5.1816 § 3 no.5.
- [8] National Maritime Museum 1970 s.9.
- [9] Pond 1813.
- [10] Konsistorin pöytäkirja 31.5.1817. Muistiossaan Hällström perustelee jälleen hanketta sen merkityksellä laivastolle ja merenkululle. Myös se, että observatorio

tunnetaan maailmalla, on tärkeää julkaisujen saamisen vuoksi: "...af hvilken inrättning, en gång sagt till fullkomlighet, ej mindre den studerande ungdomen samt hela det sjöfarande och handel idkande publicum skall kunna draga mycken nytta, än Academin vinna ryktbarhet och anseende, och derigenom nya uppmuntringar för både Lärare och Lärjungar att sorgfälligt söka medfölja Tidvarfvets upplysning." ja myöhemmin " ... så onekeligt är det äfven, att ett Observatorium Astronomicus i våra tider endast in den mån är mot sitt ändamål fullt svarande, som det är försedt med dugliga Instrumenter, och att om man vill åt detsamma förskaffa celebriet som till vinnande af för vettenskapen nödiga communicationer med andra Observatorier är af vigt, det ock bör förseas med instrumenter af utmärkt godhet. I alla tider har ett Transit-Instrument ansetts vara så väsendteligen nödvändigt på ett Observatorium, att det sednare då först förtjänat sitt namn, sedan det förra blifvit anskaffadt och behörigen uppställt."

- [14] Observatoriohankkeen perusteluna esiintyy toistuvasti laitoksen merkitys laivastolle ja kauppamerenkululle. Näin konsistori esitti kanslerille muistiossaan 24.5.1816 (konsistorin pöytäkirja 24.5.1816): "... men som ett vid Academiens anlagat astronomiskt Observatorium ofelbart mycket skulle ej allenast lätta undervisningen för blifvande Office-rare och Tjänstemän vid Hans Kejserliga Majestäts härvarande Flotta och Sjöstat, utan och märkeligen båda de för Coopvaerdie Fartens främjande så väl i Åbo, som i Helsingfors och Wasa af Hans Majestät Kejsaren anlagda Navigationskolor, thy att blifvande Sjömen och Navigateurer, äfven som deras Lärare och Handledare, här kunde erhålla en praktisk färdighet vid astronomiska instrumenters rätta bruk för Styrmanskonsten, hvarmedelst i fråga varande Observatorii anläggning komme att medföra en utmärkt båtnad för Landets utrikes handel och sjöfart, så vågar Consistorium Academicum af sin Store och Ädelmodige Monarks nåd för

detta Lärosätte, hoppas att..."

- [15] Repsold 1908, s. 108.  
 [16] Repsold 1908, s. 107.  
 [17] Repsold 1908, s. 104.  
 [18] Argelanderin havaintopäiväkirjat.  
 [19] Struve W. 1827 s. 17.  
 [20] Argelanderin havaintopäiväkirjoista on kaksi versiota, kaukoputken ääressä pidetty ja myöhemmin puhtaaksikirjoitettu. Edellinen on yleensä kirjoitettu lyijykynällä ja siinä huomautukset ovat saksaksi. Jälkimmäisessä huomautukset ovat latinaksi ja revontulihavainnot on jätetty siitä pois. Nämä päiväkirjat muodostavat pääosan ns. Observationes Aboenses -julkaisuista (Argelander 1830-1832). Tulipaloa koskevan merkinnät Argelander julkaisi latinankielisessä muodossa "Hic observationes terribili illo interceptae sunt incendio, quod totam fere urbem ad cineres reduxit, observatorium vero, gratiae habeantur Deo O.M., salvum intactumque reliquit" eli "Nämä havainnot keskeytti hirveä tulipalo, joka hävitti tuhkaksi melkein koko kaupungin, mutta jätti Jumalan kiitos observatorion kajoamatta". (Argelander 1831, s. 110.)

## Observatorion perustaminen Helsinkiin

- [1] Konsistorin pöytäkirja 2.12.1829.  
 [2] Perrontin 1881 s. 52.  
 [3] Engel kirjoitti Eduard Jacobille kirjeessään 11.12.1833: "...Uusi tähtitorni on muutamia meridiaaniaukkojen luokkujen avaamisessa ja sulkemisessa tarvittavia pieniä mekanismeja lukuunottamatta valmis. Tänä kesänä saamamme paljo sade oli näissä töissä kovin haitaksi. Pietariinkin kuuluu nyt rakennettavan uusi observatorio, tarttolainen professori Struve on sen tähden kutsuttu Pietariin, ja olen hänen pyyntönsä vuoksi lähettänyt tähtitornin piirustuksen sinne." Engel tiesi rakentavansa Helsinkiin uudenlaista observatoriota. Hän kirjoitti maaliskuussa 1831 ystävälleen Herrlichille: "...Diese Sternwarthe wird ganz anders als jene, die ich in Åbo

vor mehreren Jahren baute, und weicht von jeder andern in Form und Einrichtung ab. So erhält sie unter andern drey beweglich Thürme, während die Sternwarthen zu Dorpat und Königsberg nur einen haben. In Berlin soll ja auch eine gebaut werden? wie ich gehört habe..."(Engelin kirje C. Herrlichille 12.3.1831). (Tästä tähtitornista tulee aivan toisenlainen kuin useita vuosia sitten Turkuun rakentamani, ja se poikkeaa kaikista muista muodoltaan ja sisustukseltaan. Niinpä siihen tulee muun muassa kolme liikkuvaa tornia, kun Tarton ja Königsbergin tähtitorneissa on vain yksi. Berliiniinkin kuuluu rakennettavan tähtitorni? kuten olen kuulut.) Tarton observatorioon oli jälkeensä lisätty kääntyvä torni 1823, samoin Königsbergiin 1829. Berliinin uusi observatorio rakennettiin 1832-1835. Argelander kirjoitti 1836 *Astronomische Nachrichten* -lehteen tarkan selostuksen Helsingin observatoriosta otsikolla "Einige Nachrichten von der neuen Sternwarte zu Helsingfors". Sen liitteenä oli julkisivu ja pohjapiirros (*Astronomische Nachrichten* XIV s. 139-144).

- [4] Nervander 1845 s. 11.
- [5] Argelander 1830-1832.
- [6] Akademische Sternkarten 1830-1858.
- [7] Argelander 1835.
- [8] Bessel 1818.
- [9] PA. von Bonsdorff oli yliopiston kemian professori vuodesta 1823. Hänen kaksoisuolatutkimuksensa ovat erittäin merkittäviä, N.G. af Schultén toimi matematiikan professorina 1826-1855.
- [10] Argelander 1837.
- [11] Argelanderin lähtöön vaikutti myös hänen Preussissa asuva vanha äitinsä ja Argelanderin lapsuudenystävän kruununprinssi Friedrich Wilhelmin harraspyyntö. Napoleonin sodat osuivat Argelanderin lapsuuteen. Ranskalaiset olivat 1806 marssineet Berliiniin, josta Preussin kuningashuone joutui pakenemaan valtakunnan koilliskolkkaan Membaliin. Argelanderit majoittivat taloonsa prinssi Friedrich Wilhelmin (1795-1861) ja Wilhelmin (1797-1888). Edellisestä tuli Preussin kuningas Fredrik

Vilhelm IV (1840-1861) ja jälkimmäisestä 1861 Preussin kuningas ja Saksan keisari Vilhelm I (1871-1888). Prinsit olivat Argelanderin leikkitovereita noin vuoden ajan, ja heistä tuli elinikäiset ystävät, Argelander sai 1836 kruununprinssi Friedrich Wilhelmiltä Helsinkiin seuraavanlaisen kirjeen (Krueger 1875a): *Vanha Fritz! Toivon vihdoinkin että molemminpuoliset toiveemme nähdä Sinut Saksanmaalia johonkin korkeakouluunne kiinnitettynä toteutuvat. Olen jo melkein kolmen viikon ajan halunnut kirjoittaa Sinulle ja kertoa, että ministeri von Altenstein on tuottanut minulle sanoinkuvaamattoman ilon (samalla kun hän ilmoitti rakkaan bonnilaisen professori von Münchowin surullisesta poismenosta) sanomalla että hän aikoo esittää Sinua, Rakas Fritz, heti hänen seuraajakseen. Sain tänään kirjeen Äitikullaltasi ja näin että hänkin tietää jo Bonnin virasta, sillä hän pyytää minua muistamaan Sinua tässä tilanteessa. No totta tosiaan! Se ei olisi ollut toki tarpeen. Olen esittänyt Herra von Altensteinille Sinua koskevat toiveeni niin läpikotaisin selvästi ja usein, etten vähääkään epäile, etteikö hän käyttäisi tilaisuutta hyväksi, sitäkin enemmän kun hänen korkea käsityksensä Sinusta ei suinkaan johdu vain siitä, että olemme vuoden verran puuhanneet puutarhassanne päivät pääksytysten. Kokoa nyt kimpsusi ja kampsusi ja suori matkaan Reinin reheville rannoille, ellet nyt ole vallan liaksi rakastunut suomalaisiin graniittikallioihisi ja Imatran putoukseen. Tähtitornia vaan et täältä valitettavasti tapaa! Mutta Altenstein toivoo voitavansa käyttää nimitystäsi sellaisen perustamisen matkansaattamiseksi. Kai Äitisi tulee luoksesi Bonniin? Se on aina mielessäni. Kuinka riemuitsisinkaan sitten nähdessäni Teidät molemmat rakkaat luonani. Jumala Sinua siunatkoon. Berliini 25. toukokuuta 1836. Friedrich Wilhelm*

- [12] Ruotsissa 1700-luvun viimeisiltä vuosikymmeniltä pitkälle 19. vuosisadalle tähtitieteen asema heikkeni. Virkoja vähennettiin väliaikaisesti, kalusto rappeutui, tutkimuksen ja opetuksen ta-

so laski välillä pahastikin (Nordenmark 1959 s. 241-284). Kun Uppsalan observatorion esimieheksi ja observaattoriksi 1831 nimitetty Gustav Svanberg (1802-1882) ryhtyi oloja kohentamaan, hän sai matka-apurahan 1833 tutustuakseen ajan parhaisiin tutkimuslaitoksiin ja menetelmiin. Hän aikoi lähteä Argelanderin ja Besselin oppiin, mutta muutti suunnitelmaansa, koska toinen Uppsalan dosentti, Selander, oli juuri lähtenyt samanlaiselle matkalle (Nordenmark 1949). Selanderista tuli Tukholman observaattori. Kun Svanberg isännöi 1853 Uppsalan uuden observatorion vihkiäisissä, olivat päävieraina Argelander Bonnista ja Wilhelm Struve Pulkovasta. Samalla matkalla 1853 Argelander poikkesi myös Suomessa Pulkovassa käydessään. Helsingissä raivosi kuitenkin koleraepidemia, eikä Argelander voinut poistua laivasta edes vanhassa observatoriossaan vieraillakseen. Muutaman tunnin aikana hän ehti hädin tuskien tavata joitakin vanhoja ystäviään satamassa.

- [13] Kun Gill vuonna 1879 nimitettiin Kapkaupungin observatorion johtajaksi ja Etelä-Afrikan kuninkaalliseksi astronomiksi, hän sai anomuksestaan matkaran Euroopan johtaviin observatorioihin tutustumista varten. Hän kävi Pariisiin, Leidenin, Groningenin, Hampurin, Kööpenhaminan, Helsingin, Pulkovan ja Strassburgin observatorioissa (Gill, 1913, s. XXXIX).
- [14] Argelander 1843.
- [15] Argelander 1859-1863. Bonner Durchmusterungin laatimisessa Argelanderia avustivat Edouard Schönfeld ja Adalbert Krueger. Edellisestä tuli aikanaan Argelanderin seuraaja Bonnissa. Krueger tuli Helsinkiin.
- [16] Catalog der Astronomischen Gesellschaft 1890-1910.
- [17] Apestaan laatimassaan muistopuheessa A. Krueger kertoo, että Argelander Krimin sodan aikana otti suhteittensa avulla yhteyttä korkeisiin brittiläisiin hallitussiireihin ja ilmaisi huolensa Helsingin ja sen observatorion kohtalosta. Hän sai kuulemma rauhoittavan vastauksen.

Brittiläis-ranskalainen laivasto. osasto pommittikin 1854 vain Viaporin. On tietysti toinen juttu, paljonko Argelanderin pyyntö painoi (Krueger 1875a).

## Lundahl professoriksi

- [1] Autio 1981 s. 227.
- [2] Konsistorin pöytäkirja 18.2.1837, § 10.
- [3] Kanslerin muistio 29.8.1838.
- [4] Donner 1909a s. 36.
- [5] Lundahlin isä omisti Tampereen suurimman kauppaliikkeen. Keisari Aleksanteri I majaili Lundahlien luona käydessään Tampereella 1819 (Voionmaa 1930, s. 487).
- [6] Astronomische Nachrichten XVI s. 279, XVII s. 217 ja XVIII s. 135 (1839-41).
- [7] Astronomische Nachrichten XVII s. 118, 171 ja 236 (1840).
- [8] Astronomische Nachrichten XVII s. 209 (1840). Lundahlin työ mainitaan ainakin seuraavissa teoksissa: J. Herschel, *Outlines of Astronomy*, s. 583 (1850); Mädler, *Geschichte der Himmelskunde*, s. 118 (1873); Rober Grant, *History of Physical Astronomy*, s. 556 (1852); G.A. Jahn, *Geschichte der Astronomie*, s. 130 (1844).
- [9] Pond 1833.
- [10] Donner 1909a s. 37. Lundahl havaitsi Pulkovassa mm. 10.8.1841 Plejadien tähtijoukon peittymistä Kuun taakse (Astronomische Nachrichten XX s. 242, 1843).
- [11] Konsistorin pöytäkirja 12.6.1841 § 14. Yliopiston vuosien 1809-1852 virkanimityskäytäntöä tutkinut Veli-Matti Autio on huomauttanut Wilhelm Struven vaikutusvallasta tähtitieteen virkanimityksissä Argelanderista Woldstedtiin eli vuosina 1823-1846 (Autio 1981 s. 229).
- [12] Konsistorin pöytäkirja 11.5.1842 § 5.
- [13] Konsistorin pöytäkirja 1.6.1842 § 15.
- [14] Kirjeluonnoksessaan syksyltä 1847 Woldstedt mainitsee, että Lundahl ei voinut tehdä havaintoja jatkuvan sairauden takia. Lundahl teki kuitenkin Woldstedtin mukaan instrumenttien puhdistus- ja muutostöitä.

## Woldstedt ja venäläisskandi- naavinen astemittaus

- [1] Struve W. 1827.
- [2] Struve W. 1857-1860.
- [3] Donner 1909a s. 42.
- [4] Struve W. 1845.
- [5] Bonsdorff 1911 s. 711.
- [6] Jäämaa 1930.
- [7] Donner & Petrelius 1889.

## Woldstedt professorina

- [1] Helsingin yliopiston observatoriossa on tallella Woldstedtin väitöskirjaansa varten tekemiä laskelmia ja käsikirjoituksia.
- [2] Pond 1833.
- [3] Argelander 1835.
- [4] Astronomische Nachrichten XXIV s. 7 (1846).
- [5] Konsistorin pöytäkirja 29.10.1845 § 3.
- [6] Donner 1909a s. 41-42.
- [7] Woldstedt 1845.
- [8] Konsistorin pöytäkirja 17.1.1846 § 6.
- [9] Woldstedtin kirjeluonnokset keväällä 1846. Woldstedtillä oli toinenkin syy palata Pulkovaan. Hän nimittäin meni siellä naimisiin W. Struven veljentyttären Gustava Struven kanssa.
- [10] Struve O. 1854.
- [11] Woldstedtin selvitysluonnos astronomi Grahamin (Washington) kyselyn johdosta syksyllä 1847 (?). Pulkovan observatoriossa oli kolme kääntyvää tornia, kahdessa meridiaanialisissa neljä paikkaa pohjois-eteläsuuntaisia havaintoja varten, sekä eteläisessä siivessä paikka itä-länsisuuntaisille ns. ensivertikaalihavainnoille. Pulkovan observatorion kiinteästi asennetut havaintolaitteet, joilla kullakin oli oma havaintosijansa, olivat a) Ertelin iso ohikulkukone, b) Ertelin iso vertikaaliympyrä, c) Repsoldin meridiaaniympyrä, d) ensivertikaalin ohikulkukone, e) suuri refraktori ja f) heliometri. (Struve O. 1865 s. 2946). Sekä observatoriorakennus että sen instrumentivarustus oli varsin tarkoin samanlainen kuin Helsingissä. Pulkovassa oli observatorion johtajan lisäksi Woldstedtin aikana neljä vakinaista apulaisastronoma, muutama ylimääräinen astronomi, vierailevia tähtitieteilijöitä sekä runsaasti avustavaa henkilökuntaa. Kaikkiaan observatoriolla asui noin 100 henkeä perheenjäsenet ja palveluskunta mukaanluettuna. (Struve W. 1845 s. 54).
- [12] Woldstedtin kirje Argelanderille 18.1.1850.
- [13] Woldstedtin cm. selvitysluonnos 1847 [11] sekä kirjeet 29.6.1849, 18.1. 1850 ja 8.5.1850 Argelanderille.
- [14] Woldstedt 1849.
- [15] Rainesalo 1949.
- [16] Woldstedt 1852.
- [17] Donner 1909a s. 46.
- [18] Woldstedtin kirje Argelanderille 8.5.1850.
- [19] Woldstedtin kirje Argelanderille 29.6.1849.
- [20] Woldstedtin kirje Argelanderille 18.1.1850. Woldstedt on laskenut Argelanderin havaintopäiväkirjaan sarakkeen "Indicum medium correctum" sekä tarkan refraktion arvon lämpötilan ja ilmanpaineen avulla.
- [21] Woldstedt 1855.
- [22] Schönfeld 1875 s. 158.
- [23] Ruotsin kielestä suomentanut Eija Laurikainen.
- [24] Donner 1909a s. 22.
- [25] Argelander 1866.
- [26] Woldstedtin sekalaisten laskelmien ym. joukosta löytyy paperi, jossa sanotaan: "Under loppet af höst-termin 1859 bevistas Herr Professoren Woldstedt's of-fentliga. föreläsningar af Studeranderne Theod. Uschakoff och Joh. Aug. Hugo Gylden, hvardera inskrifne vid fysisk-matematiska Fakulteten".
- [27] Promootiopuheen alkuosa kuuluu seuraavasti (käsikirjoitus Observatoriossa): *Korkeasti kunnioitetut kuulijat. Mitä enemmän luontoa oppii tuntemaan sitä paremmin oppii myös näkemään, mikä merkityksetön osa ihmisellä siinä materiaalisessa mielessä on. Ihminen kuuluu*

ruumiinrakenteensa puolesta eläinkunnan muotojen ketjuun ja on sillä tavalla rakentunut, että kykenee nauttimaan sekä eläin- että kasvisravintoa. Tarpeitensa tähden ihminen toisinaan aiheuttaa muiden eläinheimojen keskuudessa enemmän tuhoa kuin muut petoeläimet eikä mikään eläin ylitä häntä villissä hyökkäyshalussa omaa heimoa vastaan. Ihminen ei ole muiden eläinten tapaan vaistojen sitoma, vaistojen, jotka estävät niitä samassa määrin kuin vapaata ihmistä toteuttamasta haluajan. Tarkastelkaamme nyt maata, ihmisen asuin-sijaa, sen asemaa suhteessa aurinkokuntaan. Huomaamme, että se on kolmas planeetta Auringosta lukien, että sen koko ja massa tosin ovat vähän suuremmat kuin lähimpien planeettojen, mutta ovat huomattavasti pienempiä kuin Jupiterin ja muiden Auringosta kauempana olevien planeettojen. Yleensäkin emme löydä mitään, mikä osoittaisi ihmisen asuttaman planeetan olevan erikois-asemassa muihin nähden. Ulottaessamme katseemme aurinkokunnan ulkopuolelle voi käsityskykymme tuskin tavoittaa niitä meistä katsoen suunnattomia etäisyyksiä, joilla katseemme tavoittamat kappaleet sijaitsevat. Nämä etäisyydet ovat niin suuria, että saadaksemme niistä paremman käsityksen, täytyy meidän tarkastella aikaa, jonka valo tarvitsee matkojen taittumiseen. Valo, joka saapuu Auringosta Maahan 8m 18s:ssä, tarvitsee viimeisten käsillä olevien tutkimusten mukaan lähes kolme vuotta ehtiäkseen maahan lähimmästä kiintotähdestä. Pohjantähden valo tulee tänne 49:ssä vuodessa ja Ajomiehen tähdistön kirkkaimmasta tähdessä Capellasta 71:ssä vuodessa. Jos otaksutaan, että pienimmillä tähdillä, jotka näkyvät vanhemman Herschelin 20:n jalan teleskoopilla, on sama valovoima kuin useimmilla tähdillä ja ne vain etäisyyksiensä vuoksi omaavat niin heikon loisteen, voidaan laskea, että valo tarvitsee noin 2000 vuotta ehtiäkseen luoksemme. - Kokemus on opettanut, että sitten kun suuremman optisen tehon omaavia putkia voidaan valmistaa, ne joihin-kin tähtisumuihin suunnattuina tulevat hajottamaan nämä tähtijoukoiksi. Näi-

den ja monien muiden tekijöiden perusteella voimme päätellä, että jotkut tähtisumut osoittautuvat sellaisiksi vain siksi, etteivät optiset työkalut vielä ole riittävän täydellisiä osoittamaan, että ne koostuvat suuresta joukosta toistensa lähelle kerääntyneitä tähtiä. Otaksukaamme nyt, että nämä tähdet näkyisivät parhaimmilla putkillamme vain sen tähden, että ne kaikki yhdessä muodostavat näkemämme loisteen ja sen seurauksena näyttäisivät olevan osa tähtitaivasta, tähtien ollessa kirkkaudeltaan samaa luokkaa kuin Aurinko ja lähimmät kiintotähdet, tällöin täytyisi meidän hämmästyä ajatusta etäisyydestä, johon siinä tapauksessa täytyisi päätyä. Valo tarvitsee varmasti suunnattoman monta vuosituhatta saapuakseen maahan, suunnattoman monta vuosituhatta jälkeenpäin havaitsemme näiden sumujen muodoissa tapahtuneet muutokset, niin että me näköaistillamme oikeastaan vain luemme niiden historiaa. Useimmat tällaiset sumut näyttävät sijaitsevan kaukana Linnunradan keskitasosta eikä niiden ja meidän linnunratajärjestelmämme välissä näytä olevan tähtiä. Sen vuoksi päättelemme, että ne muodostavat omia tähtijärjestelmiä, jotka sijaitsevat kaukana siitä, johon Aurinkomme kuuluu. Verratkaamme Aurinkoamme valovoimansa puolesta muihin kiintotähtiin. Huomaamme, niin pitkälle kuin voidaan tehdä johtopäätöksiä niistä harvoista tutkimuksista, joita tästä aiheesta on tehty, että on olemassa sekä Aurinkoa voimakkaampia että heikompia kiintotähtiä. On esimerkiksi huomattu, että Sirius valaisisi 63 kertaa voimakkaammin kuin Aurinko, jos ne molemmat olisivat samalla etäisyydellä. Näiden tarkastelujen perusteella huomaamme, ettei Maa aurinkokunnassa eikä Aurinko muiden kiintotähtien joukossa omaa mitään erikoisasmaa, mistä voimme päätellä, ettei ihminen voi olla luomistyön korkein tai ainoa päämäärä. Vai voisivatko nämä lukemattomat auringot, jotka eivät ole näköaistimme tavoitettavissa, vaan ovat ihmisen katseen ulottumattomissa, olla olemassa vain ihmisen vuoksi? Voisiko niiden lukemattomien kaksoistähtien,

jotka liikkuvat pitkin ellipsejä yhteisen painopisteensä ympäri kuten planeetat Auringon ympäri, tarkoituksena olla vain asettaa meille matemaattisia ongelmia ratkaistavaksi? Voisivatko nämä loistavat tähdet, jotka aika-ajoin näyttäytyvät taivaan holvissa, loistavat hetken ja häviävät sitten, olla taivaan sanomaa niille, jotka asuttavat epätavallista planeettaa epätavallisessa aurinkokunnassa? Ei suinkaan! Luonnon tarkailu ohjaa meitä siihen, että oman vajavaisuutemme tunnustaen nöyryästi jättäisimme, mielen avoimeksi niiden lukemattomien maailmojen edessä, jotka näemme äärettömässä avaruudessa ja uskoa ettemme ole Luojalles ainoa huolen aihe. Tarkastellessamme maailmankaikkeudessa vallitsevaa lakeja noudattavaa järjestystä, pitäisi sen vedota meihin sillä tavalla, että myös me toimenpiteisämme noudattaisimme järjestystä ja seuraisimme sääntöjä (ruotsin kielestä suomentanut Eija Laurikainen). Woldstedtin puheen 1853 alkuosa esittelee ihmisen biologisesti hyvin samankaltaisena eläinkunnan muiden jäsenten kanssa. Se on luontevaa 1800-luvun puolivälin luonnontutkijalle. Vuosisadan alkupuolella olivat vertaileva anatomia, fysiologia ja mm. Th. Schwannin (1810-1882) yhdessä M. Schleidenin (1804-1881) luoma yleinen soluteoria monipuolisesti osoittaneet ihmisen ja eläinten yhtäläisyyden. Lajien muuntumista toisiksi oli pohdiskeltu jo 1700-luvulla, ja J.-B. Lamarck (1744-1829) oli lausunut sen mahdollisuuden selkeästi jo vuosina 1802 ja 1809. Ch. Darwinin (1809-1882) "Lajien synty" ilmestyi 1859, ja sen mukana syntyi varsinainen kehitysoppi (Leikola 1981, s. 30-48). Ensimmäiset tähtien parallaksit julkaistiin 1830-luvun lopulla. Vasta silloin saatiin luotettava käsitys tähtiavaruuden mittasuhteista. Nyt pystyttiin määrittämään myös tähtien massoja kaksoistähtijärjestelmistä tehtyjen havaintojen avulla. Ne osoittivat, että tähdet todellakin ovat Auringon kaltaisia kooltaan ja kirkkaudeltaan. Woldstedtin mainitsemien sumujen luonteesta oli käyty spekulatiivista keskustelua jo 1750-luvulta saakka. Vasta 1923 varmistui, että ne ovat

Linnunradan kaltaisia tähtijärjestelmiä. Vuoden 1853 promootiopuheessa haettiin maailmankaikkeuden jumalallisesta järjestyksestä ja lainalaisuudesta opastusta kansojen elämään. Euroopan hullu vuosi 1848 oli vasta viisi vuotta takana, ja Nikolai I oli erityisesti huolissaan kaikista mahdollisista kumouksellisista aatteista. Varsinkin Krimin sodan aikana (1853-1856) Suomen uskollisuus Venäjälle joutui erikoisen tarkan silmälläpidon alaiseksi. Edellisenä vuonna 1852 oli annettu uudet yliopistotatuutit. Osakunnat ja mm. filosofian professuuri lakkautettiin, koska ne olivat omiaan edistämään yhteiskunnallista levottomuutta aiheuttavia ajatuksia. Mutta tieteellisessä ja opetuksellisessa mielessä statuutit antoivat hyvät edellytykset Yliopiston kehitykselle pitkänä vaikutuskautenaan vuoden 1923 yliopistolakiin saakka. Niiden yleissävy oli luonnontieteitä suosiva (Klinge 1970, s. 21). Filosofian kandidaatin tutkinto oli samalla uudistettu. Enää ei tarvinnut suorittaa arvosanaa filosofisen tiedekunnan kaikissa 11 aineessa. Puheensa myöhemmässä osassa Woldstedt totesi nyt vietettävän filosofisen tiedekunnan viimeistä promootiota, koska tiedekunta oli jaettu historiallis-filologiseen ja fysi-matemaattiseen tiedekuntaan.

[28] Lindelöf 1856.

## Krueger ja kansainvälinen luettelotyö

Kruegerin elämäntyöstä ovat kirjoittaneet hänen vävynsä, astronomi H. Kreutz (1896) ja Donner (1897a). Jälkimmäisessä on melko täydellinen luettelo Kruegerin julkaisuista.

- [1] Bonner Durchmusterungissa tähtitaivas jaettiin 1841 vyöhykkeeseen eli zooniin. Näistä Krueger havaitsi 810, E. Schönfeld 909, F. Thormann 110 ja Argelanden 12 zoonia.
- [2] Astronomische Nachrichten LIX, s. 161-170 (1863).
- [3] Acta Soc. Scient. Fenn. Tomus VII s. 373-382 ja 383-390 (1863), Tomus VIII,



- s. 55-84 (1864). Krueger sai tähtien parallaksit erittäin tarkasti, erot nykyisiin arvoihin ovat vain 14 Olo ja 20 %, kun esimerkiksi W. Struven 1837 julkaisema Vegan parallaksi oli kaksinkertainen todelliseen verrattuna.
- [4] Kreutz 1896 s. 171.
- [5] Donner 1897a.
- [6] Krueger 1875b s. 294.
- [7] Krueger 1871 s. 388.
- [8] Krueger 1875c.
- [9] Vierteljahrsschrift der Astronomischen Gesellschaft. IV. Jahrgang. (1869) s. 304-349.
- [10] Kuuden vyöhykkeen havaitsijat vaihtuivat työn kuluessa, Tarton observatoriolle oli kaikkein pienin vyöhyke, jota havaittiin siellä 1870-1882. Tartossa ei kuitenkaan saatu havaintoja valmiiksi varsinaista tähtiluetteloa varten, ja vyöhyke jouduttiin havaitsemaan uudestaan Berliinin observatoriossa 1905-1908.
- [11] Krueger 1883 s. III.
- [12] Wetzterillä oli takanaan pitkä kokemus. Hän oli ollut jo vuonna 1839 vasta valmistuneessa Pulkovan keskusobservatoriossa tähtitieteellisten instrumenttien asennustöissä (Struve W. 1845, s. 47). Helsinkiin perustettiin 1841 Manufaktuuridirektionin alainen valtion ”Mekaaninen instituutti tieteellisten instrumenttien valmistusta ja korjausta varten”. Se varustettiin parhaimmilla saatavissa olevilla koneilla ja työkaluilla ja sen esimieheksi palkattiin mechanicus M. Wetzter, joka hoiti tätä tointa yli 40 vuotta. Wetzterin työn tuloksia on eniten jäljellä Observatoriossa, mm. vertikaaliympyrä ja neljä elohopeailmapuntaria (Sairio 1974). Työpaja siirtyi Wetzterin kuoltua Suomen Tiedeseuran hallintaan. 1894 tuli työpajan johtajaksi tanskalainen Vilhelm Falck-Rasmussen. Hän valmisti Observatoriolle mm. kaksi Carte du ciel -työssä käytettyä valokuvauslevyn mittauslaitetta ja vertikaaliympyrän (Sairio 1974). Nykyään työpajan tehtäviä ja perinteitä jatkaa Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen koje-tekniikan laboratorio.
- [13] Krueger 1864.
- [14] Krueger 1895.
- [15] Krueger kiintyi Suomeen 14-vuotisen Helsingissä olonsa aikana, eikä päätös lähteä Gothaan ollut suinkaan helppo. Kruegerin perheessä oli Viipurissa syntynyt adoptiotytär, joka meni myöhemmin naimisiin astronomi Heinrich Kreutzin (1854-1911) kanssa. Krueger oli ahkerassa kirjeenvaihdossa Anders Donnerin kanssa viimeiseen saakka. Adalbert Krueger kuoli pahenevaan sydänsairauteen 21.4.1896. H. Kreutzista tuli hänen seuraajansa Kielin observatorion johtajana ja Astronomische Nachrichtenin päätoimittajana.
- [16] Tähtien tarkoissa paikkahavainnoissa käytettävän kaukoputken lainaaminen ei ollut mikään yksinkertainen ja itsestään selvä asia. Krueger kirjoittaa: ”Herra insinööri M. Wetzter huolehti arvokkaan lähetyksen pakkaamisesta niin huolellisesti, että se saapui tänne eheänä ja kaikilta osiltaan täydellisenä” (Krueger 1883 s. VIII).
- [17] Krueger 1883 & 1885.
- [18] Krueger 1890.
- [19] Krueger 1890 s. 7.

## Hugo Gylden ja taivaanmekaniikan kukoistuskausi

- [1] Gyldenistä kerrotaan tarinaa, missä professori Gabriel Rein oli vierailulla Gyldenien kodissa. Hugo istui aikuisten seurassa ja seurasi käytyä keskustelua. Rein vaelsi tapansa mukaan edestakaisin ja pysähtyi lopulta 12-vuotiaan Hugon eteen: ”No niin, rakas Hugo, eikö sinun pitäisi mennä ulos ja kehittää voimiasi ystäväiesi kanssa?” Tähän poika vastasi: ”Ensin on kehitettävä henkeä, vasta sitten ruumista!” (Donner 1897b).
- [2] Gylden 1861.
- [3] Gylden 1862.
- [4] Donner 1897b.
- [5] Struve O. 1889 5. 8.
- [6] Gylden 1867, 1869.
- [7] Sundman kertoo Gyldenin viimeisistä töistä: ”Saatuaan Ruotsin valtiopäiviltä apurahan tarkoitusta varten Gylden

ryhtyi valmistamaan teoriaa isojen kiertotähtien, niin. Merkuriuksen, Venuksen, Maan, Marsin, Jupiterin, Saturnuksen, Uranuksen ja Neptunuksen absoluuttiradoista. Hän suunnitteli kolme isoa nidosta käsittävän teoksen, jonka ensimmäinen osa ilmestyi v. 1893 ja toinen osa oli parhaillaan tekeillä, kun hän v. 1895 sai vaikean sydäntaudin, joka mursi hänen työvoimansa. Viimeiseen asti hän korjaili tämän teoksen korhennuksia, kun sydänhalvaus 9. p. marraskuuta 1896 päätti hänen päivänsä korvaamattomaksi vahingoksi tieteelle” (Sundman 1908 s. 413).

- [8] Donner kertoo Gyldénistä: ”Gyldénin hämmästyttävän tuotteliaisuuden salaisuus oli hänen työtavoissaan. Harvoin sammui hänen työvalonsa aamuyöllä ennen kello kahta ja muutaman tunnin kuluttua hän oli valmis jatkamaan töitään kello 8 ja 9 välillä aamulla. Siinä aikana kun olin Tukholmassa, havaitsimme samalla laitteella. Työjärjestyksenä oli, että Gyldén havaitsi kello 11:een illalla, minkä jälkeen jatkoin kello kahteen. Havainnot lopetettuani minulla oli määräys koputtaa hänen oveleen. Joskus hän saattoi vaikuttaa uni-selta, mutta useimmiten hän oli täysin pirteä. Joka tapauksessa hän oli valmis jatkamaan havaintoja pari tuntia. Aamulla, kun nuorempi virkaveli vielä lojui yhdeksältä sängyssä ja yritti kerätä voimia valvotun yön jälkeen, oli Gyldén jo syönyt aamiaisen ja käveli ympäriinsä sikariaan tuprutellen ja valmiina aloittamaan työt.” (Donner 1897b.)
- [9] Donnerin kirjeluonnos Gyldénille 14.12.1884.
- [10] Strue O. 1889.
- [11] Maurice Loewy toimi Pariisin observatoriossa. Hänen suunnitelmiansa mukaan rakennettiin taitettu kaukoputki, jossa valo johdettiin objektiivista kahden peilin avulla tuntiakselin pohjoispäässä sijaitsevaan kiinteään polttopisteeseen (Comptes Rendus hebdomadaires des Séances de l’Académie des Sciences XCVI s. 735, 1883, Paris).
- [12] Gyldénin kirje Donnerille 31.12. 1884.
- [13] Gyldén oli 1875 hankkinut Tukholman observatorioon 7 tuuman (17,5 cm) refraktorin (Nordenmark 1926). Helsingissä oli sellainen ollut vuodesta 1836 saakka, ja sitä Donner nyt piti pienenä (Nordenmark 1926).
- [14] Donnerin kirjeluonnos Gyldénille 2.1.1885.
- [15] Backlundin kirje Donnerille 6.6. 1885.
- [16] King 1955 s. 297-303.
- [17] Cannon & Pickering 1918-1924.
- [18] Henry, Paul & Prosper 1885.
- [19] Donnerin kirjeluonnos Mouchez’lle 4.5.1886.
- [20] Gyldénin kirje Donnerille 31.7.1885.
- [21] Kruegerin kirje Donnerille 25.11. 1885.
- [22] Backlundin kirje Donnerille 20.2. 1886.
- [23] O. Struven kirje Donnerille 28.3. 1886.
- [24] Donnerin kirjekonsepti O. Struvelle 6.4.1886.
- [25] Donnerin kirjekonsepti Mouchez’lle 4.5.1886.
- [26] Pariisin observatorion sihteerin kirje Donnerille 2.7.1886,
- [27] Donnerin esitys konsistorille 29.11. 1887, konsistorin pöytäkirja 28.1.1888.
- [28] Konsistorin pöytäkirja 5.3.1887.
- [29] Institut de France, Académie des Sciences: Congrès Astrophotographique International, Paris 1887.
- [30] Konsistorin pöytäkirja 28.1.1888.

## Suuri tähtivalokuvausohjelma

- [1] Luentomuistiinpanot ovat Observatoriossa.
- [2] Donner 1882.
- [3] Furuhielm 1939 s. 5.
- [4] Astronomische Nachrichten Bd. 102 s. 209-212.
- [5] Donnerin kirjeluonnos Gillille 14.11. 1883.
- [6] Donner 1891.
- [7] Donnerin kirjeenvaihto Repsoldin kanssa 1884.

- [31] Kun Helsingin yliopisto perusti 1970-72 Metsähovin observatorion ja hankki sinne 60 cm:n peiliteleskoopin, maksoivat kaukoputki, sen foto-polarimetri ja rakennus noin puoli miljoonaa mk. Vuoden 1970 rahana kaksoisrefraktori rakennuksineen maksoi lähes yhtä paljon.
- [32] Konsistorin pöytäkirja 15.3.1888 § 12 ja Litt. A.
- [33] Konsistorin pöytäkirja 2.5.1888 § 5 ja Litt. B.
- [34] Donnerin kirje luonnos Mouchez'lle 3.5.1888.
- [35] Konsistorin pöytäkirja 15.9.1888 § 13. Observatoriosuunnitelmistä oli jäänyt puuttumaan asemapiirros. Varakansleri J.Ph. Palmén pani päätöksessään ehdoksi, että tarvittava maa saadaan kustannuksitta käytettäväksi. Samassa konsistorin kokouksessa rehtori ilmoitti pöytäkirjaan, että Donner oli toimittanut täydentävän piirustuksen. Se osoitti, että uusi torni mahtuu Observatorion pihaan, aidan sisäpuolelle.
- [36] Kerrotaan, että kun Donner palasi Pariisista, hänellä oli junassa ja laivassa kahden hengen hytti. Donner nukkui ylävuoteella, linssit matkustivat alavuoteella.
- [37] Donner 1892 s. 211-224.
- [38] Donner 1892, 1893-1931. Suureen tarkkuuteen pyrkiminen pakotti työn alkupuolella muuttamaan joitakin jo käyttöön otettuja menetelmiä. Esimerkiksi vuonna 1896 vaihdettiin levyjen mitaustapaa ja aiemmin käsiteltyt levytkin mitattiin uudelleen (Donner & Furuhielm 1929, s. 32). Varsin pian monivaiheinen ohjelma sai kuitenkin vakio- muotonsa.
- [39] Kapteynin kirje Donnerille 25.6. 1891; Donnerin kirje luonnos Kapteynille 18.8.1891; Kapteynin kirje Donnerille 1.9.1891; Donnerin kirje luonnos Kapteynille 5.5.1892; Kapteynin kirje Donnerille 12.6.1892.
- [40] Publications of the Astronomical Laboratory Groningen No. 1.
- [41] Publ. Astron. Lab. Groningen No. 10.
- [42] Publ. Astron. Lab. Groningen No. 20.
- [43] Publ. Astron. Lab. Groningen No. 23.
- [44] Publ. Astron. Lab. Groningen No. 19.
- [45] Hinks 1910 s. 603.
- [46] Jacoby H. 1898 ja Donner 1897c.
- [47] Furness 1900.
- [48] Donner 1901.
- [49] Donner & Furuhielm 1929 s. 7-8.
- [50] Furuhielm 1939.
- [51] Vuonna 1916 Donner esitti yksityiskoh- taisen laskelman tehdystä ja jäljelläole- vasta työmäärästä. Kun hän sisällyt- ti vuoteen 900 työtuntia, tuli mittaus- ja laskutöiden kokonaismääräksi 194,2 työvuotta. Levyjen ottamiseen käytet- ty aika ei sisällynyt siihen. Arvion te- kohetkellä oli työstä valmiina 55,5 %. Kun luettelon II osa sisälsi 36 000 täh- denpaikkaa ja painatus maksoi 12 000 mk, Donner totesi painokustannukset yhdeksi markaksi kolmea tähteä kohti. Työn etenemisnopeudesta Donner esi- ti seuraavan selvityksen: levyjä vastaa- van kartan piirtäminen mittauksia var- ten: kartta 1,3 tunnissa; tähtien mit- taaminen levyiltä: 10 tähteä tunnissa; suorakulmaisten koordinaattien laske- minen: 15 tähteä tunnissa; suorakul- maisten koordinaattien yhdistäminen: 80 tähdenpaikkaa päivässä; levyvakioi- den laskeminen: levy viidessä päivä- sä; suorakulmaisten koordinaattien kor- jaus: 20 tähteä tunnissa; toinen jakovir- heen korjaus: 140 tähteä tunnissa; le- vyjen liittäminen ja levyvakioiden pa- rannus: 2 vuotta 1/8 luetteloa kohti; parannetut suorakulmaiset koordinaa- tit: 15 tähteä tunnissa; rektaskension ja deklinaation laskeminen: 900 tähteä kuukaudessa; suuruusluokkien korjaus levyn keskukseen ja levyjen yhdistämi- nen: 98 levyä 9 kuukaudessa (Donner 1916).
- [52] Donner 1894.
- [53] Donner 1896.
- [54] Donner & Furuhielm 1929 s. 104-120.
- [55] Donner 1903-1937.
- [56] Vuonna 1905 "British Association for the Advancement of Science"järjesti laa- jan tiedemiesvierailun Etelä-Afrikkaan.

Hanke liittyi Ison-Britannian pyrki-  
myksiin kohentaa buurisodassa 1899-  
1902 tahraantunutta mainettaan. Eri  
puolilta maailmaa kutsuttiin kymmen-  
kunta tähtitieteilijää, Donner oli yk-  
si heistä. Muut osanottajat olivat  
Backlund (Pulkova), de Sitter (Gronin-  
gen), Harzer (Kiel), Hinks (Cambrid-  
ge), Joly (Dublin), Kapteyn (Gronin-  
gen), Rambaud (Oxford) ja Rossen jaar-  
li (Birr'in linna, Irlanti). Tähtitieteilijöi-  
den retkikuntaa johti British Associa-  
tionin presidentti, tähtitieteilijä George  
Darwin, jonka isä oli kehitysopin perus-  
taja Charles Darwin. Matkalla Donne-  
rilla oli tilaisuus tavata luettelotyöhön  
osallistunut Kap-observatorion johtaja  
David Gill (Gill, 1913, s. CLXI).

- [57] Donner 1909b.
- [58] Furuhielm 1916, 1926, 1947.
- [59] Ölander 1927.
- [60] Kapteyn 1906.
- [61] Oort 1927a, Oort 1927b, Oort 1928.
- [62] Ölander, Lehti, Pipping & Savelius  
1959.

## Karl F. Sundman ja taivaan- mekaniikan tutkimus

- [1] Gylden 1893.
- [2] Gylden 1908.
- [3] Sundman 1901.
- [4] Euler 1772.
- [5] Jacobi 1836 s. 59.
- [6] Poincaré 1899.
- [7] Sundman 1907.
- [8] Sundman 1909.
- [9] Sundman 1912.
- [10] Sundman 1915a.
- [11] Suomen Tiedeseuran alaisessa hienome-  
kaanisessa työpajassa tehtiin Vilhelm  
Falck-Rasmussenin johdolla perturbo-  
graafiin liittyviä töitä (Sairio 1974 s. 16).
- [12] Sundman 1916.
- [13] Sundman 1915b.
- [14] Sundman 1948.

[15] Professori Jaakko Suolahti on suullises-  
ti välittänyt enonsa Ilmari Bonsdorffin  
kertoman tarinan: Keisari Aleksanteri  
III (1845-1894, keisarina 1881-1894) vie-  
raili Pulkovassa. Observatoriota keisa-  
rille ja hänen univormuihin ja kunnia-  
merkkeihin sonnustautuneelle seurueel-  
leen esitellyt Otto Struve oli ilmeisen  
hämillään korkean vieraan edessä. Jo-  
ku hoviherroista oli kaikkien kuullen ih-  
metellyt, että niin oppinut mies häikäis-  
tyy hallitsijan loistosta. Tähän oli Alek-  
santeri sanonut: "Ei se siitä johdu. Hän  
on hämmästynyt koska näkee niin pal-  
jon tähtiä väärillä paikoilla."

- [16] Handlingar i universitetsärenden, Asia-  
kirjoja yliopistoasioissa no. 6 bis 1917.

## Suomen tähtitieteen myöhem- piä vaiheita

- [1] Järnefelt 1929.
- [2] Sota-aika salli välillä havaintotyösken-  
telynkin. Gustaf Järnefelt teki kak-  
soisrefraktorilla ja prismaspektrografil-  
la havaintoja vuosina 1937-1943. Julkai-  
sussaan hän kuvaa havainto-olosuhteita  
mm. seuraavasti (suomennos): "Sotati-  
lan seurauksena ei taivaaseen ole koh-  
distunut yleensä kaupungin valaistusta  
ja, kun polttoainepulan takia on läm-  
mitetty heikommin kuin rauhanaikoina,  
lienee pölykin häirinnyt vähemmän. It-  
se asiassa on Helsingin observatorion  
sijainti melkein suurkaupungin keskus-  
tassa fotometristen havaintojen kannal-  
ta epäsuotuisa. Sotilasviranomaisten ti-  
viit valonheitinharjoitukset pakottavat  
usein keskeyttämään havainnot. Vihol-  
lisen ilmahyökkäykset sitä vastoin ei-  
vät suuresti häirinneet, koska ne ta-  
pahtuivat pääasiassa kuutamooina, jot-  
ka ovat fotometriin havaintoihin jok-  
seenkin sopimattomia"(Järnefelt 1943).
- [3] Astrofysiikka tutkii taivaankappaleiden  
ja taivaankappaleiden välisen aineen  
fysikaalisia ominaisuuksia ja yleisem-  
minkin fysiikan ilmiöitä maailmanava-  
ruudessa. Astrofysiikan piiriin ei lue-  
ta taivaanmekaniikkaa eikä astromet-  
riä eli positioastronomiaa, jolla tar-  
koitetaan taivaankappaleiden paikkojen

mittausta. Astrofysikaalisen tutkimuksen synty voidaan ajoittaa suunnilleen vuoteen 1860, jolloin opittiin tulkitsemaan Auringon ja tähtien spektrejä. Esimerkiksi Pulkovan observatorioon perustettiin Astrofysikaalinen laboratorio vuonna 1876 ja erityinen astrofysiikon virka 1882 (Struve O. 1889). 1900-luvulla astrofysikaalisesta tutkimuksesta on tullut useimpien observatorioiden päätehtävä.

- [4] Tuominen J. 1938.
- [5] Yksi syy Radioastronomisen aseman työhuoneen sijoittamiselle Fysiikan laitokselle Observatorion sijasta oli se, että Observatoriolle tuli tuolloin tasavirta eikä vaihtovirta.
- [6] Varsinkin perustamisvaiheessaan Ra-

dioastronominen asema oli tiiviissä yhteistyössä Cambridgen yliopiston ja sen radioastronomistien töiden johtajan Martin Rylen kanssa. Tämän yhteistyön puitteissa tutkittiin alkuun varsinkin mainittujen radiolähteiden vilkkumislmiöitä.

## **Tähtitieteellinen tutkimus Helsingin yliopistossa tänään**

- [1] Markkanen 1974, 1975, 1981
- [2] Pirola 1979.
- [3] Urpo 1981.
- [4] Mattila 1981.
- [5] Vilhu 1982.
- [6] Tuominen I. & Virtanen 1984.

# Kirjallisuus ja lähteet

## Julkaisemattomat lähteet

Konsistorin pöytäkirjat, Helsingin yliopiston arkisto. Engelin kirjekokoelma, Helsingin kaupunginarkisto.

Walbeckin, Argelanderin, Woldstedtin ja Kruegerin havaintopäiväkirjat, kirjeet ja käsikirjoitukset, Observatorio.

Donnerin kirjekokoelma, havaintopäiväkirjat ja taivaankartta-arkisto, Observatorio.

Jaakko Tuomisen haastattelu.

Cod. Ups. A 301 (A. Thuroniuksen oppikirjan käsikirjoituksen osa), Uppsala universitetsbibliotek.

Nouv. acquis. lat. 78 (Thuroniuksen Per Braheille lähettämän komeettaselostuksen käsikirjoituskopio), Bibliothèque National, Pariisi.

## Painetut lähteet ja kirjallisuus

Akademische Sternkarten 1830-1858: Theil des Himmels, zwischen 0h,...,23h und 1h,...,24h der geraden Aufsteigung und 15° südlicher bis 15° nördlicher Abweichung, für 1800, auf Veranlassung der Königlichen Akademie der Wissenschaften in Berlin. Berlin.

Annerstedt C. 1877: Upsala universitets historia I. Uppsala och Stockholm.

Apianus P. 1539: Cosmographia. Antverpiae.

Argelander F. W. A. 1830-1832: Observationes Astronomicae in specula Universitatis litterariae Fennicae factae. Tom. I-III, ab anno 1824 ad 1828. Helsingforsiae.

Argelander F. W. A. 1835: DLX stellarum fixarum positiones mediae ineunte anno 1830. Helsingforsiae.

Argelander F. W. A. 1837: Ueber die eigene Bewegung des Sonnensystems. Mémoires présentés à l'Académie des sciences de St. Pétersbourg par divers savans, Tome III.

Argelander F. W. A. 1843: Neue Uranometrie. Sternverzeichniss und Atlas. Berlin.

Argelander F. W. A. 1859-1863: Bonner Sternverzeichniss. Unter Mitwirkung der Herren Professor Dr. E. Schönfeld und Dr. A. Krüger auf der Sternwarte der Königlichen Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität zu Bonn. Erste Section 1859. Zweite Section 1861. Dritte Section 1862. Atlas des nördlichen gestirnten Himmels nach der auf der Universitäts-Sternwarte zu Bonn durchgeführten Durchmusterung. 1863. Bonn.

Argelander F. W. A. 1866: Verzeichniss von Nordlichtern beobachtet auf den Sternwarten zu Åbo und Helsingfors in den Jahren 1823-1837. Acta Soc. Scient. Fenn. T. VIII.

Autio V.-M. 1981: Yliopiston virkanimitykset. Hallinto- ja oppihistoriallinen tutkimus Turun akatemian ja Keisarikunnan Aleksanterin yliopiston opettajien nimityksistä Venäjän vallan alkupuolella 1809-1852. Historiallisia tutkimuksia 115. Helsinki.

- Bessel F. W. 1818: *Fundamenta Astronomiae pro anno 1755 ex observationibus J. Bradley. Regiomonti.*
- Bode J.E. 1804: *Über die königliche Sternwarte zu Berlin und die 1800 und 1801 vorgenommene Verbesserung und Neueinrichtung derselben.* Berlin.
- Bonsdorff I. 1911: *Astemittaukset Suomessa. Teoksessa Oma maa VI, s. 703-712.* Porvoo.
- Cannon A.J. & Pickering E.C. 1918-1924: *The Henry Draper Catalogue. Annals of The Astronomical Observatory of Harvard College. Volume 91-99.*
- Catalog der Astronomischen Gesellschaft 1890-1910: *Erste Abteilung. Catalog der Sterne bis zur neunten Grösse zwischen 80° nördlicher und 2° südlicher Declination für das Aequinoctium 1875.* Leipzig.
- Donner A. 1882: *Eine Methode der Anwendung der Gylden'schen Störungstheorie zur Berechnung der absoluten Störungen der kleinen Planeten, nebst ihrer Verwerthung zur Entwicklung der Differentialquotienten erster Ordnung der Störungsfunktion bei den Jupiters-Störungen der Hebe.* Helsingfors.
- Donner A. & Petrelius A. 1889: *Uppsökandet af den Rysk-Skandinaviska gradmätningens inom Finland belägna triangelpunkter.* Fennia I, N:o 4.
- Donner A. 1891: *Beobachtungen von Cometen angestellt auf der Sternwarte zu Helsingfors im Winter und Frühjahr 1885-1886.* Acta Soc.Scient.Fenn. T. XVII, s. 91-176.
- Donner A. 1892: *De astrofotografiska arbetena å observatoriet i Helsingfors från 1890 till våren 1892. Översigt af Finska Vetenskaps Societetens förhandlingar, s. 211-224.*
- Donner A. 1893-1931: *Redogörelser för fortgången af de astrofotografiska arbetena å observatoriet i Helsingfors under tiden Maj 1892- December 1930, 28 artikkelia. Översikt af Finska Vetenskaps-Societetens förhandlingar 1893-1921, Societas Scientiarum Fennica Commentationes Physico-Mathematicae 1922-1931.*
- Donner A. 1894: *Détermination des Constantes nécessaires pour la réduction des clichés pris à Helsingfors pour la construction du catalogue photographique des étoiles jusqu'à la onzième grandeur.* 68 s. Acta Soc.Scient.Fenn. T. XX, N:o 8.
- Donner A. 1896: *Sur le rattachement de clichés astrophotographiques.* 53 s. Acta Soc. Scient. Fenn. T. XXI, N:o 8.
- Donner A. 1897a: *Minnestal öfver Professor Adalbert Krueger.* Acta Soc.Scient.Fenn. T. XXIII, N:o 8.
- Donner A. 1897b: *Minnestal öfver Professor Hugo Gylden.* Acta Soc.Scient.Fenn. T. XXIII, N:o 9.
- Donner A. 1897c: *Redogörelse 1896-1897. Översigt af Finska Vet.-Soc. Förhandlingar. Häft XXXIX, s. 1-10.*
- Donner A. 1901: *Redogörelse 1900-1901. Finska Vet.-Soc.Öfvers.B. XLIV, s. 1-12.*
- Donner A. 1903-1937 (koko katalogi): *Catalogue photographique du Ciel. Zone de Helsingfors. Entre +39° et +47°. Première Série: Coordonnées rectilignes et équatoriales. Tome IV, 1903. Tome III, 1908. Tome II, 1914. Tome V, 1924. Tome 1,2, 1925. Tome 1,3, 1927. Tome VI, 1928. Tome 1,1, 1929. Tome VIII,I, 1930. Tome VIII,2, 1932. Tome VII,I, 1934. Tome VII,2, 1937. Conclusion 1937. Osat I-II, V-VIII yhdessä R. Furuholmmin kanssa, osat VII ja VIII,2 lisäksi yhdessä G. Järnefeltin kanssa. 4224 s. Helsingfors.*
- Donner A. 1907, 1909a: *Den astronomiska forskningen och den astronomiska institutionen vid det finska universitetet. I. Tiden före Argelander. Akademisk inbjudningsskrift. II. Tiden från Argelander till Krueger. Akademisk inbjudningsskrift. Helsingfors.*



- Donner A. 1909b: Rapports des observatoires participants: Observatoire de Helsinki. Comité International Permanent pour l'exécution photographique de la Carte du ciel. Paris.
- Donner A. 1910: Uppförandet af astronomiska observatorium i Åbo, en kulturhistoriskt märklig episod belyst genom en ny källa I. 34 s. Akademisk inbjudningsskrift. Helsingfors.
- Donner A. 1916: Redogörelse 1915-1916. Öfversigt af Finska Vet.-Soc. Förh. LIX. Afd. A. N:o 7, s. 1-16.
- Donner A. & Furuhielm R. 1929: Catalogue photographique du ciel. Tome I, fasc 1. Exposé des méthodes employées. 162 s. Helsingfors.
- Euler L. 1772: Theoria motuum Lunae. Petropoli.
- Furness C.E. 1900: Catalogue of Stars within One Degree of the North Pole and Optical Distortion of the Helsingfors Astrophotographic Telescope. Publications of the Vassar College Observatory, N:o 1.
- Furuhielm R. 1916, 1926, 1947: Recherches sur les mouvements propres des étoiles dans la zone photographique de Helsingfors. I. Clichés de 9h à 12h. II. Clichés de 6h à 9h. III. Clichés de 3h à 6h. Complétées et rédigées après la mort de l'auteur par V.R. Ölander.
- Furuhielm R. 1939: Anders Donner. Minnestal vid Finska Vetenskaps-Societetens årshögtid den 29 april 1939. Soc.Scient.Fenn. Årsbok-Vuosikirja XVII C n:o 5. Helsingfors-Helsinki.
- Gylden H. 1913: A History and Description of the Royal Observatory Cape of Good Hope. Edinburgh.
- Gylden H. 1861: Beräkning af en Theorin för planeten Neptunus. Helsingfors.
- Gylden H. 1862: Framställning af formler för beräkningen af en parabolisk kometbana med tillgrundläggande af koordinater hänfödda till equation jemte tillämpning af dessa formler på beräkningen af elementerna för kometen VIII 1858. Helsingfors. Gylden H. 1867, 1869: Untersuchungen über die Constitution der Atmosphäre und die Strahlenbrechung in derselben. Mémoires der Académie des Sciences de Saint-Petersbourg X, N:o 1; XII, N:o 4. - Vierteljahrsschrift der astronomischen Gesellschaft II, s. 154, 1867; V, s. 128, 1870.
- Gylden H. 1893: Traité analytique des orbites absolues des huit planètes principales. Tome I. Théorie générale des orbites absolues. Berlin, Stockholm, Paris.
- Gylden H. 1908: Traité analytique des orbites absolues des huit planètes principales. Tome II. Préface O. Backlund. Berlin, Stockholm, Paris.
- Henry Paul & Prosper 1885: Comptes rendus hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences. 100, s. 1177. Paris.
- Hinks A.R. 1910: Solar Parallax Papers. N:o 9. Monthly Notices of The Royal Astronomical Society, Vol. 70, s. 588-603.
- Hällström C.P. 1895: Triangelmätning ifrån Åbo öfver Åland till Stacksten, förrättad af Jacob Gadolin, uträknad af C.P. Hällström. 31 s. Acta Soc.Scient.Fenn. T. XX, N:o 2.
- Jacobi C.G.J. 1836: Comptes rendus hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences. Paris.
- Jacoby H. 1898: Photographic Researches near the Pole of the Heavens. Bulletin de l'Académie Impériale des Sciences de St. Pétersbourg. Tome IX, N:o 1, s. 41-82.
- Järnefelt G. 1929: Einige Bemerkungen über den Zusammenhang zwischen den geometrischen Verknüpfungssaxiomen und taktischen Konfigurationen. 18 s. Ann.Acad. Scient.Fenn.Ser.A., Tom XXXII, N:o 13.

- Järnefelt G. 1943: Spektralphotometrische Versuche an der Sternwarte Helsinki: Monochromatische Grössen von 6 polnahen Sternen relativ zum Göttinger Fundamentalsystem T für das Wellenlangenintervall 4100-4650 Ångströmeinheiten. 41 s. Ann. Acad.Scient.Fenn.A. I. 22. (Publ.Abstr.Obs. Helsinki, N:o 4).
- Jäämaa O. 1930: Venäläis-skandinaavisen astemittausketjun osa Tornio-Beljashvaara. Julkaisussa Pohjois-Suomen kolmiomittaukset II. Maanmittaushallituksen julkaisuja N:o 17. Helsinki.
- Kapteyn J.C. 1906: Pian of Selected Areas. 86 s. Groningen.
- Kexlerus S. 1632: Disputatio inauguralis mathematica de sole. Upsaliae. King H. 1955: The History of the Telescope. London.
- Klinge M. 1970: Yliopiston vaiheet. Teoksessa Helsingin yliopisto - historiaa ja nykypäivää (toim. Niilo Luukanen), s. 9-33. Porvoo.
- Krueger A. 1864: Ueber Barometercompensation der Pendeluhren. Astronomische Nachrichten 62, s. 279.
- Krueger A. 1871: Bestimmung der Bahn des Kometen 1785 II. Acta Soc.Scient.Fenn. T. IX, s. 367-391.
- Krueger A. 1875a: Minnestal öfver Friedrich Wilhelm August Argelander. 18 s. Acta Soc.Scient.Fenn. T. X.
- Krueger A. 1875b: Untersuchung über die Bahn des Planeten Themis nebst einer neuen Bestimmung der Anziehung des Jupiter. Acta Soc.Scient.Fenn. T. X, s. 281- 295.
- Krueger A. 1875c: Ueber die mittlere Temperatur zu Helsingfors nach den Beobachtungen des magnetisch-meteorologischen Observatoriums 1845-1856. Acta Soc. Scient.Fenn. T. X, s. 377-388.
- Krueger A. 1883, 1885: Zonenbeobachtungen der Sterne zwischen 55 und 65 Grad nördlicher Declination angestellt an den Sternwarten zu Helsingfors und Gotha. Erster Band. Helsingfors 1883. Zweiter Band. Helsingfors 1885.
- Krueger A. 1890: Catalog von 14680 Sternen zwischen 54°55' und 65°10' nördlicher Deklination 1855 für das Aequinoctium 1875 nach Beobachtungen am achtfüssigen Reichenbach'schen Passagen-Instrument der Helsingforser Sternwarte auf der Sternwarte der Universität Helsingfors in den Jahren 1869 bis 1876 und auf der Herzoglichen Sternwarte zu Gotha in den Jahren 1877 bis 1880. Leipzig.
- Krueger A. 1895: Todes-Anzeige. Astronomische Nachrichten 138, s. 263.
- Kreutz H. 1896: Carl Nicolaus Adalbert Krueger. Nekrolog. Vierteljahrsschrift der Astronomischen Gesellschaft 31, s. 167-175.
- Lehti R. 1979: Tähtitiedettä exercitii causa. Keskustelua tähtitieteellisistä maailmanjärjestelmistä Suomessa ja Ruotsissa 1600-luvulla. Suomen Akatemian julkaisuja 911979. Helsinki.
- Lehti R. 1983: Matematiikan tulo Suomeen yliopistolliseksi oppiaineeksi. Teknillinen korkeakoulu, Matematiikan laitos. Report-Mat-C4. Espoo.
- Leikola A. 1981: Biologian historian pääpiirteet. Helsinki.
- Leinberg Y. 1928: Maupertuis'in astemittauksen virheistä. Maanmittaus 3:s vuosikerta, 3. vihko, s. 161-171.
- Lexell A.J. 1772: Disquisitio de investiganda vera quantitate parallaxeos solis ex transitu Veneris ante discum solis anno 1769. Petropolis.
- Lexell A.J. 1777: Acta Academiae Scientiarum Petropolitanae I, s. 332.
- Lexell A.J. 1785: Berliner Astronomisches Jahrbuch 1785, s. 201.

- Lindelöf L. 1856: Variations-kalkylens theori och dess användning till bestämmande af multipla integralers maxima och minima. 83 s. Helsingfors.
- Markkanen T. 1974: Metsähovin observatorio, Archimedes 26. vsk., s. 93-102.
- Markkanen T. 1975: Metsähovin observatorio, kirjassa Tähtien ja galaksien maailma (toim. Seppo Linnaluoto ja Tapio Markkanen), s. 189-199. Espoo.
- Markkanen T. 1981: Metsähovin observatorio, Tähdet ja Avaruus 5/81, 11. vsk., s. 137.
- Mattila K. 1981: Prototähtien tutkimus alkuun myös Suomessa, Tähdet ja Avaruus 2/81, II. vsk., s. 44.
- Maupertuis P.-L.M. de 1738: La figure de la terre déterminée par les observations de Messieurs de Maupertuis, Clairaut, Camus, Le Monnier, de l'Académie Royale des Sciences et M. Outhier, Prêtre Correspondant de la même Académie, accompagnés de M. Celsius, Professeur d' Astronomie à Upsal, faites par ordre du Roy au Cercle Polaire. Paris.
- Müller P. 1975: Sternwarten. Architektur und Geschichte der astronomischen Observatorien. Frankfurt am Main, Bern, Las Vegas.
- National Maritime Museum (ei tekijännimeä) 1970: The Old Royal Observatory, An Introduction.
- Nervander J.J. 1847: Minnestal öfver Gustav Gabriel Hällström, hållet vid Vetenskaps-Societetens Årsfest den 29 April 1845. 34 s. Acta Soc.Scient.Fenn. T. II, pars II, s. 1299 jälkeen.
- Nordenmark N. V. E. 1926: Hur Stockholm fick ett observatorium. Populär astronomisk tidskrift 7, s. 93-113.
- Nordenmark N. V. E. 1949: Astronomien i Uppsala under förra hälften av 1800-talet. Populär astronomisk tidskrift 30, s. 89-97.
- Nordenmark N. V. E. 1959: Astronomiens historia i Sverige intill år 1800. Lychnosbibliotek 17:2. Uppsala.
- Nova Acta Acad. Petrop. 1784: Precis de la vie de M. Lexell. Nova Acta Academiae Petropolitanae. Tome II, s. 13.
- Oort J.H. 1927a: Observational evidence confirming Lindblad's hypothesis of a rotation of the galactic system. Bulletin of the Astronomical Institutes of the Netherlands Vol. III, N:o 120, s. 275-282.
- Oort J.H. 1927b: Investigations concerning the rotational motion of the galactic system, together with new determinations of secular parallaxes, precession and motion of the equinox. Bulletin of Astronomical Institutes of the Netherlands Vol. IV, N:o 132, s. 79-89.
- Oort J.H. 1928: Dynamics of the galactic system in the vicinity of the Sun. Bulletin of the Astronomical Institutes of the Netherlands Vol. IV, N:o 159, s. 269-284.
- Outhier R. 1975: Matka Pohjan perille 1736-1737 (alkuteos: Journal d'un Voyage au Nord, en 1736 et 1737. Paris 1744, suom. M. Itkonen-Kaila). Keuruu 1975.
- Perrontin M.J. 1881: Visite à divers observatoires d'Europe. Paris.
- Piirola V. 1979: Havaintotyöstä Metsähovin observatoriossa, kirjassa Auringosta ääretömyyteen, s. 90-104. Espoo.
- Planman A. 1763: Solens parallaxis uträknad. Svenska vetenskapsakademins handlingar. 1763, s. 118.
- Planman A. 1764: Ytterligare uträkningar på solens parallaxis, i anledning af observationema på Veneris gång genom solen den 6 juni 1761. Svenska vetenskapsakademiens handlingar. 1764, s. 139.

- Planman A. 1771: Formler att uträkna parallaxens verkan för observerade in- och utgångsmomenter, vid en planets gång under solen. Svenska vetenskapsakademiens handlingar. 1771, s. 66.
- Planman A. 1772: Om solens parallax i anledning af observationer öfver Venus i solen, år 1769. Svenska vetenskapsakademiens handlingar. 1772, s. 183 ja 358.
- Poincaré H. 1899: Les Méthodes Nouvelles de la Mécanique Céleste. Tome III. Paris.
- Pond J. 1813: Philosophical Transactions 103, s. 75. London.
- Pond J. 1833: A Catalogue of 1112 stars reduced from Observations made at Greenwich from 1816 to 1833. London.
- Pöykkö K. 1972: Das Hauptgebäude der kaiserlichen Alexander-Universität von Finnland. Suomen Muinaismuistoyhdistyksen aikakauskirja 74. Helsinki.
- Rainesalo A. 1848: Über die Höhenbestimmungen der Russisch-Skandinavischen Gradmessung. Julkaisussa "Professori Ilmari Bonsdorffille hänen 70-vuotispäivänään omistettu juhlaulkaisu", s. 209-215. Suomen Geodeettisen laitoksen julkaisuja, N:o 36. Helsinki.
- Repsold J. A. 1908: Zur Geschichte der astronomischen Messwerkzeuge von Purbach bis Reichenbach 1450 bis 1830. Leipzig.
- Sairio E. 1974: Manufaktuuridirektionin verstaasta kojetekniikan laboratorioksi. Tie-teellisten kojeitten valmistuksen historiaa Suomessa 130 vuoden aikana. Keuruu.
- Sandblad H. 1942: Galilei i Sveriges lärda litteratur till Magnus Celsius. Lychnos 1942 s. 114-131. Uppsala och Stockholm.
- Sandblad H. 1943, 1944-1945: Det copernikaniska världssystemet i Sverige I-II. Lychnos 1943 s. 149-188, 1944-1945 s. 79-131. Uppsala och Stockholm.
- Schybergson C.M. 1922: Per Brahes brevväxling rörande Åbo Akademi I. Per Brahes Brev. Skrifter utg. af Svenska litteratursällskapet i Finland 164. Helsingfors.
- Schönfeld E. 1875: F. W. A. Argelander. Nekrolog. Vierteljahrsschrift der Astronomischen Gesellschaft X, s. 150-178.
- Slotte K.F. 1898: Matematikens och fysikens studium vid Åbo Universitet sarjassa Åbo universitets lärdomshistoria 7. Skrifter utg. af Svenska litteratursällskapet i Finland 37. Helsingfors.
- Struve O. 1854: Extract of a Letter from M. Otto Struve to the Astronomer Royal, dated January 17, 1854. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society XIV, s. 159.
- Struve O. 1865: Übersicht der Thätigkeit der Nicolai- Hauptsternwarte während der ersten 25 Jahre ihres Bestehens. St. Petersburg.
- Struve O. 1889: Zum 50-jährigen Bestehn der Nicolai-Hauptsternwarte. Beschreibung des 30-zölligen Refractors und des astrophysikalischen Laboratoriums. 133 s. St. Petersburg.
- Struve W. 1827: Vorläufiger Bericht von der Russischen Gradmessung, mit allerhöchster Genehmigung auf Veranstaltung der Kaiserlichen Universität zu Dorpat, während der Jahre 1821 bis 1827 in den Ostseeprovinzen des Reichs. Dorpat.
- Struve W. 1857, 1860: Arc du Méridien de 25°20' entre le Danube et la Mer Glaciale, mesuré, depuis 1816 jusqu'en 1855. Tome I 1860. Tome II 1857. St. Pétersbourg.
- Sundman K.F. 1901: Über die Störungen der kleinen Planeten speciell derjenigen, deren mittlere Bewegung annähernd das Doppelte Jupiters beträgt. 88 s. Helsingfors.
- Sundman K.F. 1907: Recherches sur le problème des trois corps. Acta Soc.Scient.Fenn. T. XXXIV, N:o 6.

- Sundman K.F. 1908: Hugo Gylden. Kirjassa Oma maa, III nidos, s. 407-415. Porvoo.
- Sundman K.F. 1909: Nouvelles recherches sur le problème des trois corps. Acta Soc. Scient.Fenn. T. XXXV, N:o 9.
- Sundman K.F. 1912: Mémoire sur le problème des trois corps. Acta mathematica, tome 36. Stockholm.
- Sundman K.F. 1915a: Plan d'une machine destinée à donner les perturbations des planètes. 84 s. Julkaisussa Festschrift tillegnad Anders Donner på hans sextioårsdag den 5 november 1914 af forne elever. Helsingfors.
- Sundman K.F. 1915b: Theorie der Planeten. Encyklopädie der mathematischen Wissenschaften mit Einschluss ihrer Anwendungen Band VI,2. s. 729-807.
- Sundman K.F. 1916: Observations de l'éclipse du soleil à Kumlinge le 21 août 1914. Finska Vet.Soc.Öfvers. LIX, A:24.
- Sundman K.F. 1948: The Motions of the Moon and the Sun at the Solar Eclipse of 1945, July 9th. L'Activité de la comission Géodésique Baltique pendant les années 1944-47. s. 63-94. (Publ.Abstr.Obs. Helsinki N:o 20.)
- Tengström J.J. 1845: Aikakauslehti "Suomi." s. 110.
- Tuominen I. & Virtanen H. 1984: Magneettinen Aurinko, kirjassa Tähtitaivaan arvoituksia. s. 207-222. Jyväskylä.
- Tuominen J. 1938: On the Mass Concentration in Gaseous Stars and Allied Problems. 84 s. Annales Acad.Scient.Fennicae.A. 48, N:o 16.
- Urpo S. 1981: Metsähovin radioteleskooppi, Tähdet ja Avaruus 5/81, 11. vsk., s. 139.
- Walbeck H.J. 1819: De forma et magnitudine Telluris. Aboae. (Julkaistu uudestaan 1891. Fennia 4, N:o 10, 12 s. Saksaksi Zeitschrift für Vermessungswesen 22.)
- Walde O. 1942: Nicolaus Granius, Galilei och Kepler. Lychnos 1942, s. 279.
- Vilhu O. 1982: Havaintotyötä IUE satelliitilla, Tähdet ja Avaruus 2/84, 12. vsk. s. 40-45.
- Voionmaa V. (toim.) 1930: Kansallinen elämäkerrasto, III osa. Porvoo.
- Woldstedt F. 1845: Dissertatio Academica de longitudine et latitudine Geographica ex azimuthis, ope theodoliti astronomici val instrumenti sic dicti universalis observatis determinanda, 225 s. Helsinki.
- Woldstedt F. 1849: Die Höhen der Dreieckspunkte der finnländischen Gradmessung über der Meeresfläche. Acta Soc.Scient.Fenn. T. III, s. 159-297.
- Woldstedt F. 1855: Die Biegung des Meridiankreises der Helsingforser Sternwarte aus den Beobachtungen des Herrn Professor Argelanders hergeleitet. Acta Soc.Scient.Fenn. T. IV Fasciculus II, s. 60.
- Ölander V. R. 1927: Die Eigenbewegungsverhältnisse des Sternhaufens in der Coma Berenices. 143 s. Soc.Scient.Fenn. Commentationes Physico-Matematicae IV.11.
- Ölander V., Lehti R., Pipping M., Savelius A. 1959: Proper Motions of 41 Variable Stars in the Photographic Zone of Helsinki Observatory. Soc.Scient.Fenn.Phys.-Math. XXII.2 (Publ.Astr.Obs.Helsinki, N:o 66).

# Sanasto

**Aberraatio:** Valon äärellisestä nopeudesta johtuva tähden paikan näennäinen muutos havaitsijan liikkeen suuntaan. Tärkein on vuotuinen aberraatio, joka johtuu Maan liikkeestä Auringon ympäri. Sen suurinta arvoa sanotaan aberratiovakioksi ja se on 20,47 kaarisekuntia. Aberraation vaikutuksesta tähti näyttää vuoden kuluessa piirtävän pienen ellipsin todellisen paikkansa ympäri. Optiikassa aberraatiolla tarkoitetaan kuvausvirhettä.

**Adjunkti:** Apulainen, yliopiston opetus- ja tutkimusvirka. Vastaa nykyistä apulaisprofessoria.

**Akromaattinen:** Kahden, eri lasilaadusta valmistetun linssin yhdistelmä, jossa väripoikkeama eli kromaattinen aberraatio ja mahdollisesti muitakin kuvausvirheitä on poistettu. Ks. väripoikkeama.

**Altatsimutaalinen eli atsimutaalinen:** Kaukoputken pystytys, jossa toinen akseli on pysty-, toinen vaakasuorassa. Taivaankappaleen seuraamiseksi altatsimutaalista kaukoputkea on käännettävä molempien akselien ympäri jatkuvasti muuttuvilla nopeuksilla. Lisäksi kuvakenttä kääntyy keskipisteensä ympäri. Aikaisemmin lähinnä vain kevyet, siirrettävät teodoliitit olivat altatsimutaalisia. Kun nykyisin kääntöliikkeet voidaan vaivatta ohjata tietokoneella, on uudet suuret optiset ja radioteleskoopit rakennettu altatsimutaalisesti pystytystavan rakenteellisten etujen vuoksi.

**Amanuenssi:** Yliopiston laitostoimi. Amanuenssin tehtävänä on usein kirjaston, kokoelmien, tutkimusvälineiden yms. hoito ja muut vastaavat laitostehtävät. Nykyisin tehtäviin tavallisesti kuuluu usein myös opetus ja tutkimus.

**Annaali:** Vuosikirja, aikakauskirja. Tavallisesti tiedeakatemian, yliopiston tai laitoksen tieteellinen julkaisusarja.

**Apeksi:** Piste taivaalla (Herkuleen tähdistössä), jota kohti aurinkokunta liikkuu nopeudella 19,4 km/s muiden tähtien suhteen.

**Apulainen:** Ks. adjunkti.

Assistentti: Nykyisissä yliopistoissa ja korkeakouluissa alempi määrääkainainen toimi, jossa velvollisuutena on luentotasoa alempi opetus, jatko-opiskelu sekä tutkimus.

Astemittaus: Pituus- tai leveyspiirin kaaren pituuden mittaus, jonka tarkoituksena on Maan koon ja muodon määrittäminen. Tämä tehdään kolmiomittauksella ja ainakin kaaren kummassakin päässä tehdään tähtitieellinen paikanmääräys.

Atsimutaalinen: Ks. altatsimutaalinen.

Deklinaatio: Ks. rektaskensio ja deklinaatio.

Dialektiikka: Keskustelu, keskustelu- tai väittelytaito. Keskiajan yliopistoissa ja esimerkiksi vielä 1600-luvun Turun akatemiassa keskeinen koulutuksen tavoite, jota harjoitettiin julkisilla väittelyillä. Friedrich Hegelin (1770-1831) ja hänen seuraajiensa filosofiassa dialektiikka on saanut eri merkityksen. Ks. disputaatio.

Disputaatio: Väitös. Vanha yliopistollinen opetusmenetelmä, käytössä myös Turun akatemiassa 1600-luvulta 1700-luvun loppupuolelle. Opiskelija sai puolustettavakseen (respondoitavakseen) tai arvosteltavakseen (opponoitavakseen) tavallisesti professorin kirjoittaman väitöskirjan. Disputaatio kehitti väittelyn ja latinan taitoa. Professorin velvollisuus oli julkaista säädetty määrä väitöskirjoja vuodessa. Respondentti maksoi painatuksen. Tapa oli tärkeä keino saada oppinutta kirjallisuutta julkaistuksi.

Dosentti: Yliopiston opetussivutoimi. Dosentilta vaaditaan nykyään tohtorin väitöskirja ja tieteellistä lisäansiota. Hänellä on oikeus opettaa yliopistossa, esim. luennoida kaksi tuntia viikossa. Palkkio maksetaan luentotunneista.

Efemeridi: Taivaankappaleiden etukäteen laskettujen paikkojen taulukko.

Ekvatoriaali: Kaukoputki, jonka toinen akseli, napa-akseli, on pystytetty maapallon akselin suuntaisesti, toinen akseli edellistä vastaan kohtisuoraan. Kun taivaankappaleet liikkuvat Maan vuorokautisen pyörimisliikkeen takia taivaalla, riittää tähden seuraamiseksi, että siihen kerran suunnattua ekvatoriaalia käännetään vakionopeudella napa-akselin ympäri. pyörittämisestä huolehtii tavallisesti kellokoneisto. 1800-luvun alkupuolelta viime vuosiin saakka suuret kaukoputket on yleensä pystytetty ekvatoriaalisesti. Ks. altatsimutaalinen.

Epookki: Ajankohta, jona ajan mukana muuttuvan suureen arvo ilmoitetaan.

Ensi vertikaali: Itä-länsisuuntainen vertikaali. Ks. vertikaali.



Fotometria: Taivaankappaleiden säteilyn, erityisesti näkyvän valon, mitaus ja tutkimus.

Fysiikka: Fysiikalla tarkoitettiin 1600- ja 1700-luvulla eri asiaa kuin nykyisin. Kattava nimitys olisi luonnonoppi. Alaan kuului "fysikaalisten" asioiden lisäksi mm. kemiaa, kasvi- ja eläintiedettä, geologiaa ja maantiedettä. Fysiikka oli kuvailevaa ja epämatemaattista.

Galaksi: Suuri tähtijärjestelmä, joka voi sisältää jopa biljoona auringon massaa. Oma galaksiamme kutsutaan Linnunradaksi. Galaksit jaetaan spiraaligalakseihin, elliptisiin ja epäsäännöllisiin galakseihin.

Heliometri: Kojel, jolla mitattiin pieniä kulmaetäisyyksiä ja niiden suuntia taivaalla. Perustuu kahtia halkaistuun objektiivilinssiin. Puolikkaita voitiin liikuttaa toistensa suhteen. Valmistettu alkuaan Auringon näennäisen läpimitan mittaukseen, mistä nimitys johtuu. Bessel mittasi ensimmäisen tähden etäisyyden heliometrilla. Jäänyt pois käytöstä lankamikrometrien kehittämisen jälkeen. Ks. mikrometri.

Hyödyn aikakausi: Kulttuuri-, talous- ja poliittishistoriallinen aikakausi Ruotsin historiassa, ajoittuu pääpiirteissään 1700-luvun jälkipuoliskoon. Luonteenomaista ajan virtauksille oli tiedon merkityksen korostaminen tavoitteiden saavuttamisessa, talousasioiden harrastus ja pyrkiminen valtion ja kansalaisten hyvinvoinnin edistämiseen.

Isoympyrä: Pallon ja sen keskipisteen kautta kulkevan tason leikkausympyrä.

Kansleri: Yliopiston korkein hallintovirkamies. Ruotsinvalian aikana Turun akatemian kansleri oli joku valtaneuvoksista. Autonomian aikaan (1809-1917) kansleri oli aluksi valtioneuvos, vuosina 1816-1825 hallitsijan veli ja sittemmin vuoteen 1894 kruununperijä. Kanslerin tehtävä oli ohjata ja valvoa Yliopiston toimintaa ja pitää silmillä valtion etua. Suora yhteys valtakunnan korkeimpaan johtoon oli yleensä myös Yliopistolle hyödyksi. Esimerkiksi Venäjän keisarikunnan muilla yliopistoilla ei ollut tällaista etua. Nykyisin yliopisto asettaa ehdolle ja Tasavallan Presidentti nimittää kansleriksi tieteessä ja yliopistohallinnossa kokeneen henkilön. Kansleri mm. nimittää eräisiin yliopistovirkoihin, ratkaisee valitusasioita, antaa sisäisiä sääntöjä ja edustaa Yliopistoa valtioneuvostossa. Ks. varakansleri.

Komeetanetsijä: Kaukoputki, joka suuren valovoimansa ja laajan näkökenttensä ansiosta soveltuu heikkovaloisten pintakohteiden, kuten komeettojen eli pyrstötähtien etsimiseen. Komeetanetsijässä käytetään yleensä pientä suurennusta.

Komeetta eli pyrstötähti: Aurinkoa kiertävä lumesta, jäästä ja pölystä muodostunut kappale, josta Auringon lähellä haihtuu kaasua ja pölyä

usein komeaksi pyrstöksi. Komeetan ydin on vain parin kilometrin mit-  
tainen.

Konsistori: Yliopiston korkein hallintoelin. Alkuaan kaikkien professorien  
kokous. Nykyään pieni konsistori, jonka jäseninä ovat rehtorit, tiedekun-  
tien dekaanit ja varadekaanit päättää useimmat asiat. Suuri konsistori,  
jonka jäseninä ovat kaikki varsinaiset professorit, käsittelee virantäyttö-  
valitukset ja Yliopistoa koskevat lainsäädäntöasiat.

Koordinaatit: Kohteen esim. pisteen tai tähden paikan yksikäsitteisesti  
ilmaisemiseksi tarvittavat mitat. Esim. paikka maanpinnalla voidaan il-  
moittaa antamalla etäisyys kulmamitoissa tai kilometreinä päiväntasa-  
alta ja napojen kautta kulkevasta perusmeridiaanista. Tähtien koordi-  
naatit annetaan kulma- eli kaarimitoissa (asteina, minuutteina, sekuntei-  
na) tai aikamitoissa (tunteina, minuutteina, sekunteina). Tällöin 1 tunti  
 $= 15^\circ$ , 1 min  $= 15'$ , 1 s  $= 15''$ ,  $1^\circ = 4$  min jne. Ks. rektaskensio ja dekli-  
naatio.

Kosmologia: Maailmankaikkeuden rakennetta ja kehitystä käsittelevä täh-  
titieteen ala.

Kronometri: Varsinkin laivoissa käytetty, hyvin tarkkakäyntinen kello.

Kvadrantti: Kulmanmittauskoje, jossa lukemakehän pituus on neljäsosa  
ympyränkehästä eli  $90^\circ$ .

Linnunrata: Ahtaamassa, alkuperäisessä merkityksessä himmeästi lois-  
tava, ympäri koko taivaan ulottuva, lukemattomista tähdistä koostuva  
vyö. Laajemmassa mielessä Linnunradalla tarkoitetaan koko omaa galak-  
siamme, johon oma Aurinkomme ja n. 200 miljardia muuta tähteä kuulu-  
vat. Linnunrata on linssin tai kiekon muotoinen. Sen läpimitta on n. 100  
000 valovuotta. Ks. galaksi.

Magnitudi: Ks. suuruusluokka.

Mathesis: Matemaattisten aineiden kokonaisuus. Alan piiri on eri aikoi-  
na vaihdellut, yleensä syventymisen ja erikoistumisen mukana supistunut.  
Turun akatemiassa 1600-luvulla mathesis-professorin alaan kuului klas-  
sillisten matemaattisten alojen, kuten aritmetiikan ja geometrian lisäksi  
tähtitiede, linnoitus- ja laivanrakennustekniikka, kuvapatsaiden valami-  
soppi ym.

Meridiaani: Taivaan napojen ja havaintopaikan zeniitin eli lakipisteen  
kautta kulkeva isoympyrä tai taso. Leikkaa horisontin pohjois- ja ete-  
läläpisteissä. Myös havaitsijan pituuspiiri maapallolla.

Meridiaanikone: Ks. meridiaaniympyrä.

Meridiaanikvadrantti: Pohjois-eteläsuunnassa (meridiaanissa) tehtäviä havaintoja varten kiinteästi pystytetty kulmanmittauskoje. Lukemakehä on neljännesympyrän eli kvadrantin mittainen.

Meridiaanisali: Tähtitornin havaintohuone, josta tehdään havaintoja pohjois-eteläsuunnassa, siis meridiaanissa.

Meridiaaniympyrä eli meridiaanikone: Tarkka kulmanmittaus- ja ajanmääräyskoje. Siinä kaukoputki on kiinteästi pystytetty niin, että sen ainoa akseli on vaakasuorassa itä-länsisuunnassa. Putki liikkuu siis vain pohjois-eteläsuuntaisessa pystytasossa eli meridiaanitasossa. Suurelta ympyränkehältä luetaan putken tähtäyssuoran korkeuskulma horisontista tai vaihtoehtoisesti kulmaetäisyys lakipisteestä eli zenitistä. Kohteita havaitaan, kun ne ovat eteläisessä tai pohjoisessa meridiaanissa. Havainnossa määrätään korkeuskulma tai zeniittietäisyys ja meridiaaniohituksen ajanhetki. Havainnoista voidaan laskea rektaskensio ja deklinaatio. Jos havaitaan tähteä, jonka koordinaatit tunnetaan, saadaan havaintohetken aika eli kellonkorjaus. Ks. rektaskensio ja deklinaatio.

Mikrometri: Nykyisin varsinkin pituusyksikkö, metrin miljoonasosa,  $\mu\text{m}$ . Tarkoittaa myös pienten pituuksien ja kulmien mittauskojetta. Kaukoputkissa käytettiin näkökenttään sijoitettua rengasmikrometria. Mittaamalla tähden ja vertaustähden kulkuajat renkaan ympyränkehien poikki, saatiin tähtien rektaskensio- ja deklinaatioerotukset määrättyä. Tähdet liikkuvat näkökentässä Maan pyörimisliikkeen takia. Myöhemmin kaukoputkiin ja mikroskooppeihin rakennettiin lankamikrometrejä, joissa mittauslankoja voi liikuttaa ruuvien avulla ja siirtymät tarkasti lukea.

Muurikvadrantti: Liikkumattomasti meridiaanin tasossa olevaan seinään tai muuriin kiinnitetty kvadrantti. Se oli 1700-luvun loppuun saakka eniten käytettyjä kojeita tarkkoja havaintoja varten. Lähinnä meridiaaniympyrä syrjäytti muurikvadrantin.

Nutaatio: Maan akselin heilahtelu, joka johtuu Kuun ratatason kiertymisestä. Nutaation jakso on 18,6 vuotta ja sen suurinta arvoa, n. 9", sanotaan nutaativakioksi.

Observatorio: Laitos, jossa harjoitetaan tähtitieteen tutkimusta. Myös rakennus, josta tehdään tähtitieteellisiä havaintoja, tähtitorni.

Ohikulku: Taivaankappaleen kulku meridiaanin tai taivaan muun ympyrän poikki. Puhutaan myös Merkuriuksen tai Venuksen ohikulusta tai ylikulusta Auringon pinnan editse.

Ohikulkukone eli pasaasikone: Kojee, jolla havaitaan tähden ohikulku meridiaanissa. Täten saadaan mitatuksi tähden rektaskensio tai jos se on tunnettu, määrättyksi aika. Korkeutta tai deklinaatiota ohikulkukoneella

ei yleensä voi määrätä tarkasti. Muuten samankaltainen kuin meridiaanikone.

Ominaisliike: Tähtien (näkösadetta vastaan kohtisuora) liike muihin tähtiin verrattuna. Koska tähdet ovat hyvin kaukana, ominaisliikkeet ovat hyvin pieniä. Suurin ominaisliike on Barnardin tähdellä, n. 10 kaarisekuntia vuodessa. Kestää tuhansia vuosia ennen kuin ominaisliikkeet ovat selvästi muuttaneet tähtikuvioiden muotoja.

Oppositio: Planeetta on oppositiossa, kun Maa on kyseisen planeetan ja Auringon välissä. Tällöin planeetta näkyy parhaiten ja se on keskiyöllä etelässä.

Parallaksi: Tähtien parallaksilla tarkoitetaan sitä kulmaa, jossa Maan radan säde näkyy ko. tähdestä. Kaarisekunteina ilmoitetun parallaksin käänteisarvo on tähtien etäisyys parsekeissa. Lähimmän tähtien parallaksi on 0,76 kaarisekuntia.

Pikkuplaneetta eli asteroidi tai planetoidi: Aurinkoa kiertävä, varsinaisia planeettoja huomattavasti pienempi kappale. Kiertävät Aurinkoa pääasiassa Marsin ja Jupiterin ratojen välissä. Ensimmäisenä v. 1801 löydettiin suurin, lähes 1000 km läpimittainen asteroidi, Ceres. Nykyään pikkuplaneettoja on luetteloitu lähes 3000. Kaikkiaan arvioidaan yli kilometrin läpimittaisia pikkuplaneettoja olevan vähintään 400 000, joiden yhteenlaskettu massa on alle tuhannesosa Maan massasta.

Planeetta: Aurinkoa kiertävä, vähintään usean tuhannen kilometrin läpimittainen kappale. Eivät ole omavaloisia, vaan ne heijastavat Auringon valoa. Planeettoja tunnetaan yhdeksän. Ne ovat Auringosta lukien: Merkurius, Venus, Maa, Mars, Jupiter, Saturnus, Uranus (löydettiin v. 1781), Neptunus (löydettiin v. 1846) ja Pluto (löydettiin v. 1930). Myös muiden tähtien ympärillä otaksutaan olevan planeettoja, mutta niiden havaitseminen on erittäin vaikeaa.

Positioastronomia eli astrometria: Taivaankappaleiden näennäisten paikkojen ja liikkeiden mittaamista, paikan- ja ajanmääräyskeinoja sekä näissä havainnoissa käytettyjen kohteiden teoriaa käsittelevä tähtitieteen osa. Vielä 1800-luvulla tähtitieteilijät käyttivät eniten aikaa tämän alan töihin.

Prekessio: pyörivän kappaleen pyörimisakselin suunnan (hidas) muutos, vrt. hyrrä. Maapallon pyörimisakselin suunta muuttuu hyvin hitaasti, tähtien kierrokseen kuluu n. 26 000 vuotta. Muuttaa tähtien koordinaatteja.

Pro gradu (oppiarvon edestä): Yliopistollisen oppiarvon, kandidaatin tai maisterin tutkintoon vaadittava laajajakko opinnäytekirjoitus, nykyisin usein "Laudatur-työ".

Rataelementti: Planeetan tms. rataelementeillä tarkoitetaan sellaisia suoria, jotka täysin ilmoittavat, minkälainen ja missä asennossa avaruudessa planeetan rata on, sekä missä kohdassa rataansa planeetta on kullakin hetkellä. Ellipsiradalla rataelementtejä on 6 kpl.

Refraktio: Taittuminen. Valonsäteen taittuminen optisesti eri tiheyttä olevien aineiden rajapinnassa tai taitekertoimen muuttuessa. Tähtitieteessä refraktiolla tarkoitetaan valon tulosuunnan muuttumista, kun valonsäde tunkeutuu tiheämpiin ilmakerroksiin ja taibtuu alaspäin. Sen vaikutuksesta tähti näkyy korkeammalla kuin se todellisuudessa on. Refraktioon vaikuttaa ilman lämpötila, paine ja kosteus, valon aallonpituus ja valon ilmakehässä kulkema matka. Viime mainitusta johtuu, että refraktio on suurin horisontissa, pienin taivaan laella.

Refraktori: Linssikaukoputki, ks. teleskooppi.

Rektaskensio ja deklinaatio: Tähtien paikka ilmoitetaan tähtiluetteloissa yleensä rektaskension ( $\alpha$ ) ja deklinaation ( $\delta$ ) avulla. Deklinaatio on tähden kulmaetäisyys taivaanekvaattorista, positiivisena pohjoiseen ja negatiivisena etelään. Taivaan pohjoisnavan (lähellä Pohjantähteä) deklinaatio on  $+90^\circ$ . Rektaskensio on kulmaetäisyys ekvaattoria pitkin kevättasauspisteestä vastapäivään, ja se ilmoitetaan tavallisesti aikamitoissa. Ks. koordinaatit.

Repetitioympyrä: Pystykehällä varustettu kulmanmittauskoje, joka on tarkoitettu samalla korkeuskulmalla horisontista (esim. meridiaanin molemmiin puolin tai meridiaanissa lakipisteen pohjois- ja eteläpuolella) tehtäviin havaintoihin.

Sekstantti: Kulmanmittauskoje, jossa lukemaympyrä on pituudeltaan ympyränkehän kuudennes eli  $60^\circ$ . Kevyttä peilisekstanttia, jossa taivaankappale ja taivaanranta saadaan näkymään näkökentässä yhtä aikaa, käytetään meren- kulun paikanmääräyksessä.

Sirkumpolaari: Tähti, joka on niin lähellä napaa, että se ei koskaan laske horisontin alapuolelle. Tähtien deklinaation täytyy olla suurempi kuin  $90^\circ$  - havaintopaikan maantieteellinen leveys.

Sumu: Myös tähtisumu. Varsinkin aikaisemmin nimitettiin sumuiksi eli nebuloosiksi kaikkia himmeällä valolla loistavia, pilventapaisia muodostumia tähtitaivaalla. Nykyään sumuilla tarkoitetaan lähinnä ns. galaktisia sumuja, joka kuuluvat omaan Linnunrataamme. Galaktiset sumut koostuvat lähinnä kaasusta ja pölystä, joka saa valonsa sumun sisällä tai lähellä olevista tähdistä. Linnunradan ulkopuolisia, ns. ekstragalaktisia sumuja, nimitetään nykyään galakseiksi. Ks. Galaksi.

Suuruusluokka eli magnitudi: Jo Hipparkhos yli 2000 vuotta sitten jakoi tähdet kuuteen suuruusluokkaan niiden näennäisen kirkkauden mukaan. Kirkkaimmat tähdet kuuluivat ensimmäiseen ja heikoimmat paljain silmin näkyvät tähdet kuudenteen suuruusluokkaan. N.R. Pogson antoi v. 1856 tarkan määritelmän: Viiden suuruusluokan ero vastaa satakertaista kirkkauksien suhdetta. Prismakiikarilla näkee vielä n. 10. suuruusluokan tähdet ja suurimmilla kaukoputkilla tähtiä voidaan valokuvata suuruusluokkaan + 25 asti.

Taivaankappale: Kosmista pölyä, kaasua yms. lukuunottamatta kaikki maailmankaikkeuden kappaleet, kuten tähdet (mm. Aurinko), sumut, planeetat (mm. Maa) ja niiden kuut, komeetat ja meteorit.

Taivaanmekaniikka: Tutkii varsinkin aurinkokunnan kappaleiden liikkeitä.

Teleskooppi eli kaukoputki: Kaukoputkia on kahta päätyyppiä, linssikaukoputkia eli refraktoreita ja peilikaukoputkia eli reflektoreita. Linssikaukoputki keksittiin Hollannissa 1600-luvun alussa, ja Galilei otti sen tähtitieteen käyttöön 1609. Newton rakensi peilikaukoputken 1668. Kaukoputken linssi- tai peiliohjettiivi muodostaa kohteesta suurennetun kuvan, jonka yksityiskohtia voidaan tarkastella, mitata jne., usein vielä okulaarilla lisää suurentamalla. Ohjettiivin antama kuva voidaan myös valokuvata, tai valo ohjata tutkimuslaitteeseen, kuten fotometriin, spektrografiin jne.

Teodoliitti: Siirrettävä kulmanmittauskoje, jonka toinen liikkuva akseli on pysty-, toinen vaakasuorassa. Käytetään tavallisesti geodeettisissa tehtävissä.

Tiedeakatemia: Oppineiden ja tieteestä kiinnostuneiden järjestynyt yhteisö, jonka tehtävänä on edistää tieteenharjoitusta ja julkaista tuloksia. Ensimmäisiä tiedeakatemiaa olivat firenzeläinen Accademia della Crusca (per. 1582), Vatikaanin tiedeakatemia (1603), firenzeläinen Accademia dei Lincei (1603), johon mm. Galilei kuului. Ranskan akatemia perustettiin 1635, Englannin Royal Society 1660, Preussin tiedeakatemia 1700 ja Pietarin tiedeakatemia 1724. Ruotsin tiedeakatemia perustettiin 1739, Suomen vanhin tiedeakatemia, Suomen Tiedeseura (Finska Vetenskaps-Societeten) 1838 ja Suomalainen Tiedeakatemia 1908. Tiedeakatemit valitsevat tavallisesti itse jäsenensä.

Turun akatemia: Vuonna 1640 perustetun yliopiston nimi oli alunperin Kuninkaallinen Turun Akatemia. Runollisesti puhutaan myös Auran akatemiasta. Kun yliopisto v. 1827 määrättiin siirrettäväksi Helsinkiin, sen nimi muutettiin 1828 muotoon Keisarillinen Aleksanterin yliopisto Suomessa. Vuonna 1919 nimi sai muodon Helsingin yliopisto.

Tähdenpeitto eli okkultaatio: Tähtien peittyminen Kuun, joskus myös muun aurinkokunnan kappaleen taakse.

Tähtistö: Tietty alue tähtitaivaalla. Tähtitaivas on nykyään jaettu 88 tähdistöön. Monien tähdistöjen tähdet muodostavat selviä. tähtikuvioita. Esim. Ison Karhun (tieteellinen nimi Ursa Major) tähdistön seitsemän kirkkainta tähteä muodostavat Otavan tähtikuvion.

Tähti: Tähdet ovat yleensä. omavaloisia, pallonmuotoisia ja kokonaan kaasumaisia taivaankappaleita. Oma Aurinkomme on aivan tavallinen tähti.

Tähtiaika: Kevättasauspisteen kulmaetäisyys myötöpäivään etelästä., ilmoitetaan yleensä aikamitoissa. Samaan tähtiaikaan tähtitaivas on samassa asennossa samalla maapallon leveyspiirillä.

Tähtien nimet: Varsinkin kirkkaimmilla tähdillä. on omat, pääasiassa arabialaiset tai kreikkalaisperäiset nimet, kuten Castor, Spica ja Altair. Bayer kehitti 1600-luvun alussa uuden järjestelmän, joka on edelleen käytössä. Jokaisen tähdistön tähdet nimettiin kirkkausjärjestyksessä kreikkalaisten aakkosten mukaan. Kirjaimen perään pantiin tähdistön tieteellisen nimen geneetiivimuoto. Esim. Lyran tähdistön kirkkaimman tähden, Vegan nimitykseksi tulee  $\alpha$  (alfa) Lyrae.

Valovuosi: Matka, jonka valo kulkee vuodessa nopeudellaan 300 000 km/s. Valovuosi on 63 300 kertaa Maan etäisyys Auringosta eli n. 9,5 biljoonaa km. Lähimmän tähden etäisyys on yli 4 valovuotta. 1800-luvulla myös tieteellisissä esityksissä käytettiin valovuotta. Nykyään tieteellisissä esityksissä käytetään etäisyyden yksikkönä. parsekia (ks. parallaksi), joka on 3,26 valovuotta.

Varakansleri: Ruotsinvallan ja autonomian aikana kansleri toimi Ruotsissa tai Pietarissa. Pienemmissä asioissa ratkaisut teki varakansleri, joka oli tavallisesti Turun piispa tai arkkipiispa. Vuodesta 1817 lähtien joku korkeasta sotilas- tai siviilivirkamies nimitettiin sijaiskansleriksi. Itsenäisyyden aikana virka lakkautettiin. Ks. kansleri.

Vertikaali: Zeniitin eli lakipisteen kautta kulkeva isoympyrä.. Pohjois- eteläsuuntainen vertikaali on nimeltään meridiaani ja itä-länsisuuntainen on ensi vertikaali.

Väripoikkeama eli kromaattinen aberraatio: Yksi kuvausvirheistä. Se syntyy yksinkertaisessa linssissä, koska se taivuttaa eri aallonpituuden (eriväriset) valonsäteet eri polttopisteisiin. Esineen kuvan reuna ei ole terävä, vaan väreihin hajonnut.



# Astronomin vid Helsingfors universitet Observatoriet 150 år

## Från grundandet av Åbo akademi till autonomins tid

Astronomi bedrevs vid Åbo akademi från dess grundande år 1640. Undervisningen i astronomi hörde till skyldigheterna för professorn i matematik. Som brukligt var på den tiden publicerade också professorerna i andra ämnen disputationsskrifter rörande världsbilden. Dessa frågor behandlades dock på ett sätt som inte strävade till nya självständiga resultat. Vanligtvis upprepade man de bekanta argumenten för en geocentrisk världsordning.

Efter Stora nordiska krigets slut år 1721 förändrades atmosfären vid Åbo akademi. Universitetet fick nya intressen vid sidan av prästutbildningen och från mitten av seklet riktade sig dessa framför allt mot naturvetenskaperna. I sin strävan till praktiska tillämpningar betonade man under nyttans tidevarv också grundforskningens betydelse.

Tack vare professor Martin Johan Wallenius nådde matematiken vid Åbo akademi snabbt en hög nivå. Detta skapade förutsättningarna också för forskning i teoretisk astronomi och celest mekanik.

Också mera omfattande observationsarbeten inleddes i Åbo. En extra impuls fick dessa av den av de Maupertuis ledda breddgradsexpeditionen till Tornedalen, som arrangerades av den franska vetenskapsakademin år 1736-1737. Jacob Gadolin (1719-1802) fungerade åren 1748-1753 i Åbo som observator vid topografiska kommissionen och utförde geodetiska mätningar till grund för Finlands kartläggning. Han deltog år 1750 i det internationella observationssamarbetet för att bestämma avstånden till Månen och till vissa planeter.

Åren 1761 och 1769 passerade planeten Venus över solskivan. Med hjälp av detta fenomen försökte man bättre bestämma värdet på den grundläggande astronomiska enheten, avståndet mellan Jorden och Solen. Vid båda passagera utfördes observationer från olika punkter på jordytan. Ledaren för

Svenska vetenskapsakademins observatorium i Stockholm Per Wargentin organiserade observationerna i Sverige. Anders Planman (1724-1803) från Åbo utförde 1761 och 1769 framgångsrika observationer i Kajana och publicerade flera värdefulla undersökningar rörande avståndet till Solen.

Ett internationellt rykte som forskare och matematiker vann Anders Johan Lexell (1740-1784), vilken efter avslutade studier flyttade från Åbo till vetenskapsakademien i S:t Petersburg och där efterträdde Leonhard Euler som akademiker.

Planman verkade som professor i fysik i Åbo 1763-1801, och redan under hans tid gjordes försök att befästa astronomins ställning och att grunda ett observatorium vid universitetet. Men först långvariga ansträngningar av professorn i fysik Johan Gabriel Hällström (1775-1844) ledde till resultat.

## Grundandet av observatoriet i Åbo

Universitetet hade en central ställning då man skulle anpassa sig till de nya förhållandena efter Finska krigets slut år 1809. Den ryska regeringen fäste också speciell uppmärksamhet vid att förbättra Universitetets ställning genom att utöka antalet tjänster och höja anslagen.

Som ett resultat av Hällströms ihärdiga arbete fattades ett beslut om att bygga ett observatorium, att införskaffa en omfattande instrumentering och att inrätta en observatorstjänst. Observatoriet byggdes enligt Carl Ludwig Engels (1778-1840) ritningar. De mångsidiga och tidsenliga instrumenten beställdes i huvudsak från Tyskland. Till observatorstjänsten utnämndes år 1817 Henrik Johan Walbeck (1793-1822). Walbeck blev känd genom sin år 1819 publicerade avhandling om Jordens storlek och tillplattning. Hans lovande karriär bröts emellertid av en förtidig död.

Den unge Friedrich Wilhelm August Argelander (1799-1875) från Preussen, men med finländska släktrötter på fädernet, blev år 1823 observator. Efter sin ankomst till Åbo organiserade Argelander det nya observatoriets inredning och verksamhet. Hans flitiga observationsarbete producerade en omfattande och exakt stjärnkatalog, "Åbokatalogen". Genom att jämföra dennas material med äldre, kritiskt behandlade observationer kunde Argelander med stor noggrannhet bestämma Solens och solsystemets rörelseriktning i rymden och sålunda lösa ett centralt astronomiskt problem som redan länge hade stått öppet.

## Byggandet av observatoriet i Helsingfors

Efter Åbo brand 1827 flyttades universitetet till Helsingfors. Argelander och Engel planerade i samarbete det nya ändamålsenliga observatoriet, till vilket utöver de klassiska meridian- och primärvertikalsalarna som nyhet hörde

också tre vridbara observationstorn. Nu fick den omfattande instrumentutrustningen en tillbörlig placering. Observatoriet blev färdigt och överläts till Universitetet den 12 september 1834.

I Helsingfors fortsatte Argelander sina observationer samt avslutade och publicerade arbeten som påbörjats i Åbo. År 1837 flyttade han dock till Bonn, där han lade grunden till universitetets observatorium. Framför allt framställde han där med sina assistenter en katalog och atlas över 324 188 stjärnor, "Bonner Durchmusterung". Detta verk kom ut 1859-1863 och är ett av de viktigaste astronomiska atlas- och katalogverken.

År 1833 inleddes planeringen av Rysslands stora centralobservatorium i Pulkovo nära S:t Petersburg. Helsingfors observatorium och de lösningar som där hade gjorts tjänade som modell.

Efter Argelander verkade som professorer i astronomi Gustaf Lundahl (1814-1844) och Fredrik Woldstedt (1813-1861). Lundahls sjuklighet och tidiga död hindrade i stor utsträckning verksamheten från att utvecklas. Woldstedt deltog i det stora bredgradsmättningsarbete som leddes av chefen för Pulkovo observatorium Wilhelm Struve, och som sträckte sig från Svarta havet till Norra ishavet.

## **Internationellt samarbete för sammanställandet av stjärnkataloger**

År 1862 utnämndes till professor i astronomi Argelanders svåger och assistent från Bonn, Adalbert Krueger (1832-1896). År 1869 inleddes på initiativ av Argelander och i regi av Astronomische Gesellschaft ett internationellt samarbete med uppgift att göra upp en stjärnkatalog med exakta positioner för alla stjärnor ljusstarkare än nionde magnituden. I programmet ingick alla stjärnor vars avstånd från norra himmelspolen var mellan  $10^\circ$  och  $92^\circ$ .

Helsingfors observatorium deltog under Kruegers ledning i arbetet. För observationerna användes ett passageinstrument med 8 fots brännvidd. När Krueger år 1876 flyttade till Gotha i Tyskland, fick han med sig instrumentet för att avsluta observationerna. Den slutliga katalogen över Helsingfors-Gothazonen utkom som den första i serien år 1890. Passageinstrumentet återbördades till Helsingfors.

## **Det stora fotograferingsprogrammet**

Samtida med Krueger var Hugo Gylden (1841-1896), som efter avslutade studier arbetade utomlands, från 1863 i Pulkovo. Han utsågs 1871 till chef för Svenska vetenskapsakademins observatorium i Stockholm. Gyldens forskningsområden var positionsastronomi och framför allt celest mekanik, speciellt beräkningen av planeternas absoluta banor.

År 1883 utnämndes Kruegers och Gyldéns elev Anders Severin Donner (1854-1938) till professor i astronomi i Helsingfors. Han intresserade sig för den observerande astronomin och strävade till att förnya Observatoriets redan föråldrade utrustning. Från år 1885 hade stjärnfotografering med specialteleskop som i Paris hade utvecklats för detta ändamål givit lovande resultat. År 1887 hölls i Paris den första kongressen för astronomisk fotografering och Donner deltog i den. Han gjorde till Universitetet en framställan om deltagande i det internationella fotograferingssamarbetet och anskaffning av den härtill nödvändiga utrustningen.

År 1890 stod en dubbelrefraktor för fotografering och dess torn färdiga i Helsingfors och togs i bruk. Nu inleddes ett arbete, som skulle räcka nästan fem årtionden. Helsingfors hade fått på sin andel en åtta grader bred himmelszon, som fotograferades på 1008 fotografiska plåtar. På dessa mättes stjärnornas ljusstyrka och exakta positioner. Med hjälp av noggrant bestämda transformationer beräknades stjärnornas koordinater på himlen. Helsingfors-katalogen utkom i tolv band under åren 1903-1937. Den innehåller 284 663 stjärnpositioner. Då övriga observatorier antingen gav upp projektet eller publicerade ofullständiga resultat, har materialet aldrig fått i enhetlig form, och har därför inte heller kunnat utnyttjas i full utsträckning.

Genom att flera decennier senare fotografera vissa områden inom zonen på nytt och jämföra de nya plåtarna med de gamla har man vid Helsingfors observatorium studerat stjärnornas långsamma egenrörelser på himlen.

## Forskning inom celest mekanik

Donner avgick från sin tjänst år 1915 och följdes av Karl Frithiof Sundman (1873-1949). Sundman koncentrerade sig på den celesta mekaniken och speciellt på trekropparsproblemet.

Tvåkropparsproblemet, frågan om hur två kroppar rör sig i förhållande till varandra under tyngdkraftens inverkan, hade klarlagts redan av Isaac Newton (1643-1727), himmelsmekanikens upphovsman. Det motsvarande trekropparsproblemet hade däremot förblivit olöst. Sundman lyckades visa, att det existerar en allmän lösning på detta teoretiska problem. Hans resultat publicerades år 1907-1912 och Franska vetenskapsakademien belönade honom år 1913 för dem med de Pontécoulants pris.

## Tillägg: astronomin i dag

Efter andra världskriget har astronomin i Helsingfors utvecklats delvis traditionsenligt, delvis i nya banor. Under Gustaf Järnefelts (f. 1901) ledning bedrevs forskning speciellt inom relativistisk celest mekanik och inleddes satellitobservationer genast efter uppsändandet av den första satelliten. Den astrofysikaliska och radioastronomiska forskningen fick sin början under

Jaakko Tuominens (f. 1909) ledning och har utvidgats till att omfatta de flesta av den moderna astrofysikens områden.

År 1971 invigdes det nya observatoriet i Metsähovi (Skogstorp), ungefär 40 km väster om Helsingfors. I det placerades en 60 cm Ritchey-Chrétienreflektor. Ett torn för Universitetets år 1948 inskaffade Schmidt-teleskop har senare tillbyggts.

För närvarande bedrivs astronomisk forskning i Finland vid universitetet i Helsingfors, Uleåborg och Åbo samt vid Tekniska högskolan i Esbo. Den omfattar nästan alla astronomins centrala områden. Forskningen är utpräglad internationell. Nya lovande möjligheter öppnar sig, då Finland har beslutat ansluta sig till det nordiska samarbetsprojektet för att konstruera ett effektivt 2,5 m spegelteleskop i utmärkta observationsförhållanden på La Palma i Kanarieöarna.